

Analyse de données au LHC

Nikola Makovec

Ecole thématique IN2P3 d'instrumentation
"De la physique au détecteur" 2017

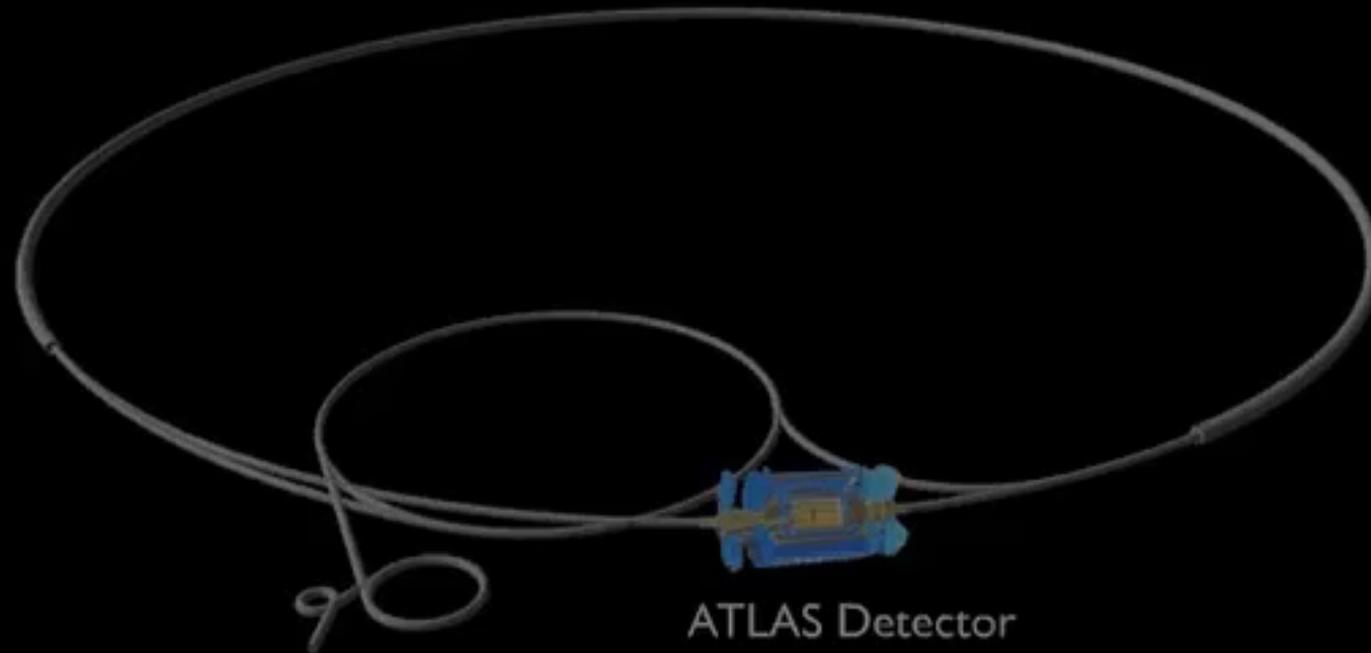
Analyse de données au ~~LHC~~ avec ATLAS

Nikola Makovec

Ecole thématique IN2P3 d'instrumentation
"De la physique au détecteur" 2017

PLAY ▶

Large Hadron Collider

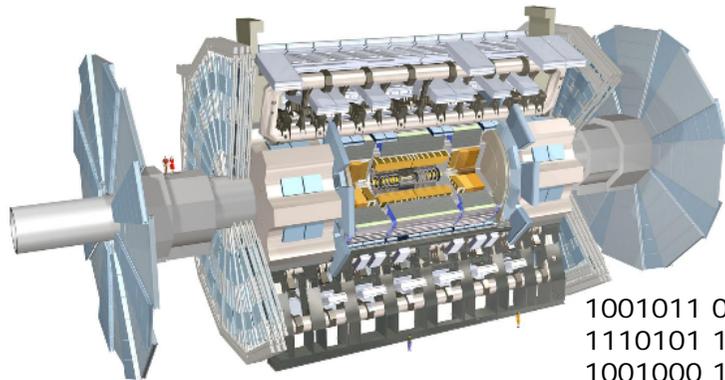


ATLAS Detector

PSB
PS
SPS
LHC

Des données brutes à la publication

Détecteurs
(Cours P. Puzo)

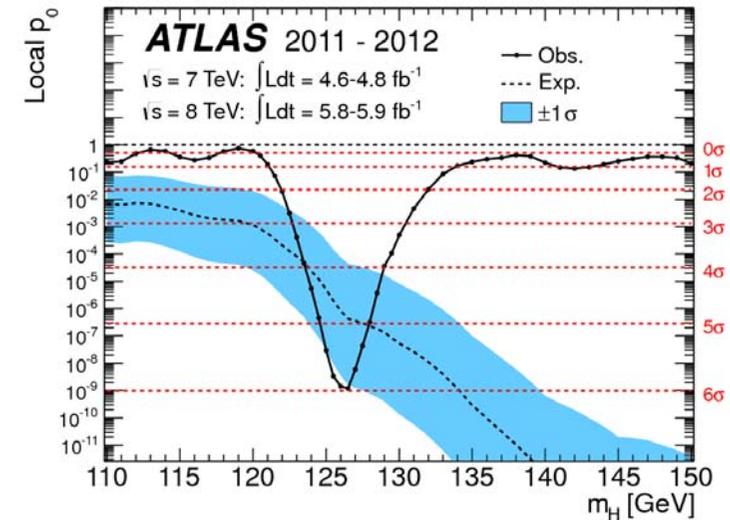


```
1001011 01000101  
1110101 10001110  
1001000 11101110  
1101000 10001001  
1010110 00100010  
...
```

Analyse
de données



Physique
(Cours F. Ledroit)



■ Plan:

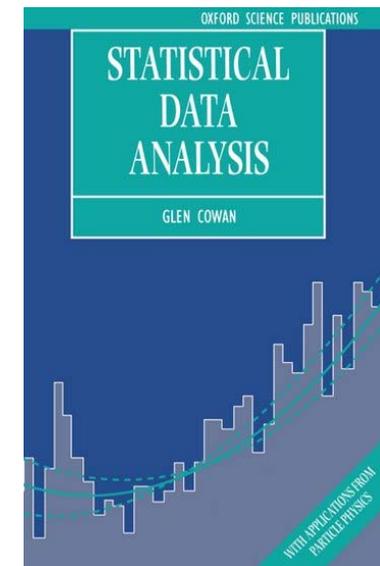
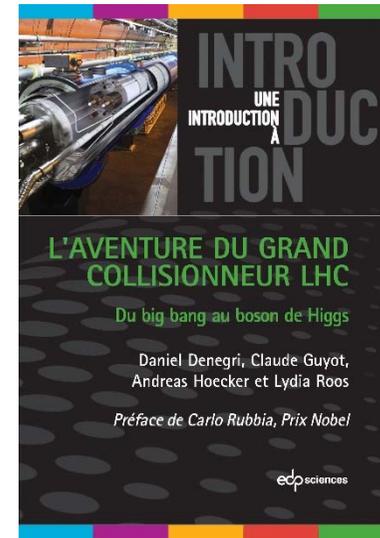
- La reconstruction: vue d'ensemble
- La grille
- La simulation
- La reconstruction: l'exemple des électrons
- Qualité des données
- **Mesure** de la section efficace de prod. du boson Z
- La **recherche** du boson de Higgs
- Organisation

■ Parenthèses statistiques:

- La méthode Monte-Carlo
- Estimation de paramètres
- Analyse multivariée
- Calcul de signficance

Références et sources d'inspiration

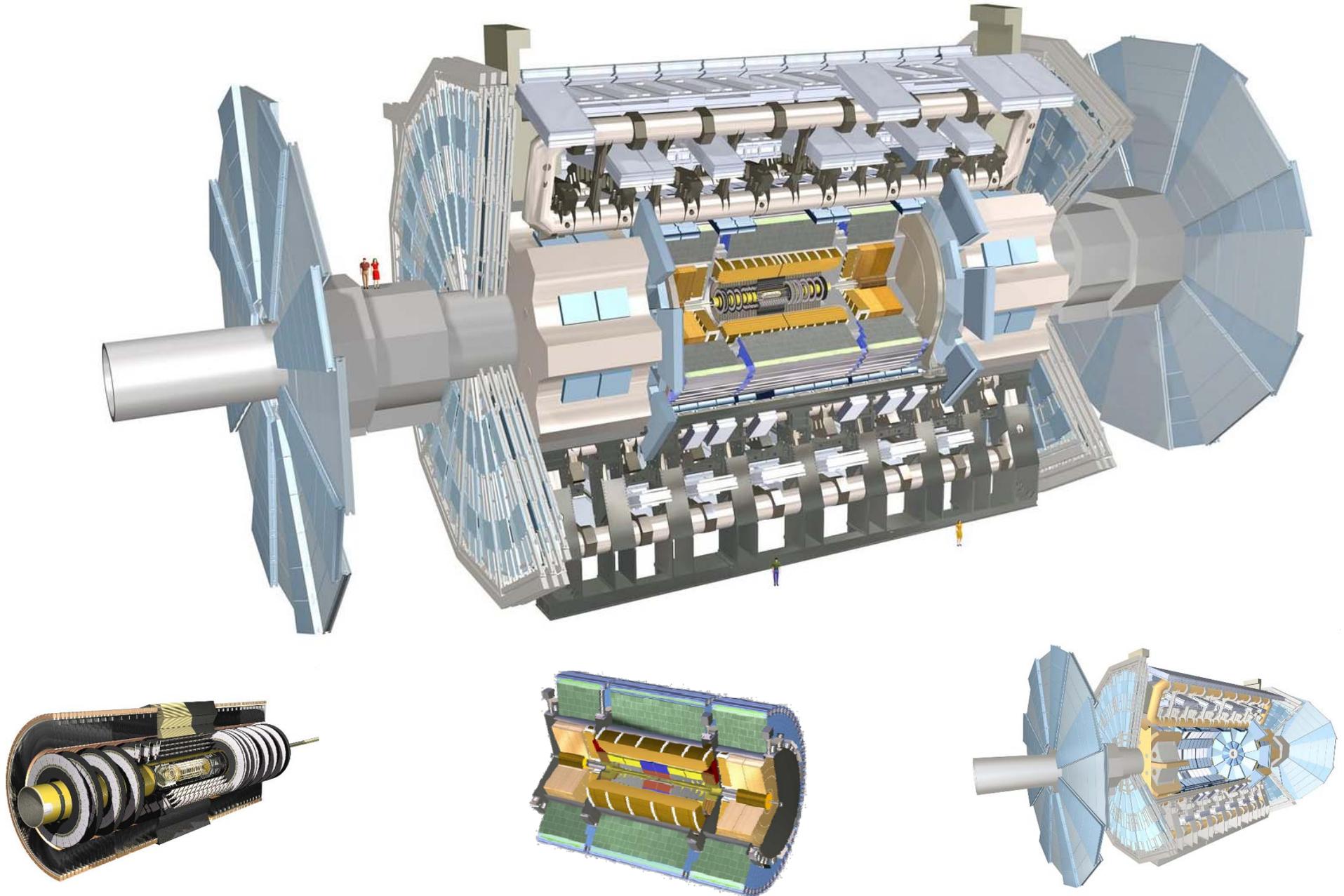
- **L'aventure du grand collisionneur LHC, D. Denegri et al.**
 - Section 10
 - EDP science
- Summer Student Lecture Programme Course
 - <https://indico.cern.ch/category/345/>
 - Cours de A. Sfyrla, J. Boyd et A. Hoecker
- Rencontres d'été de physique de l'infiniment grand à l'infiniment petit
 - <https://indico.in2p3.fr/event/8995/>
 - Cours de C. Biscarat
- Ecole IN2P3 d'instrumentation "de la physique au détecteur" 2014
 - <http://www.in2p3.fr/actions/formation/PhyAuDet14/PhyAuDet14.html>
 - Cours de M. Verderi
- Le CERN en bref:
 - <https://home.cern/fr/about>
- CERN-Fermilab HCP Summer School
 - <http://hcpss.web.cern.ch/hcpss/>
 - Cours de P. Govoni
- **Statistical Data Analysis, G. Cowan**
 - Clarendon Press, Oxford, 1998



ATLAS

Diameter: 25m
Longueur: 46m
Poid: 7000 tonnes

3000 km de cables
100 millions de canaux



Vue transverse simplifiée

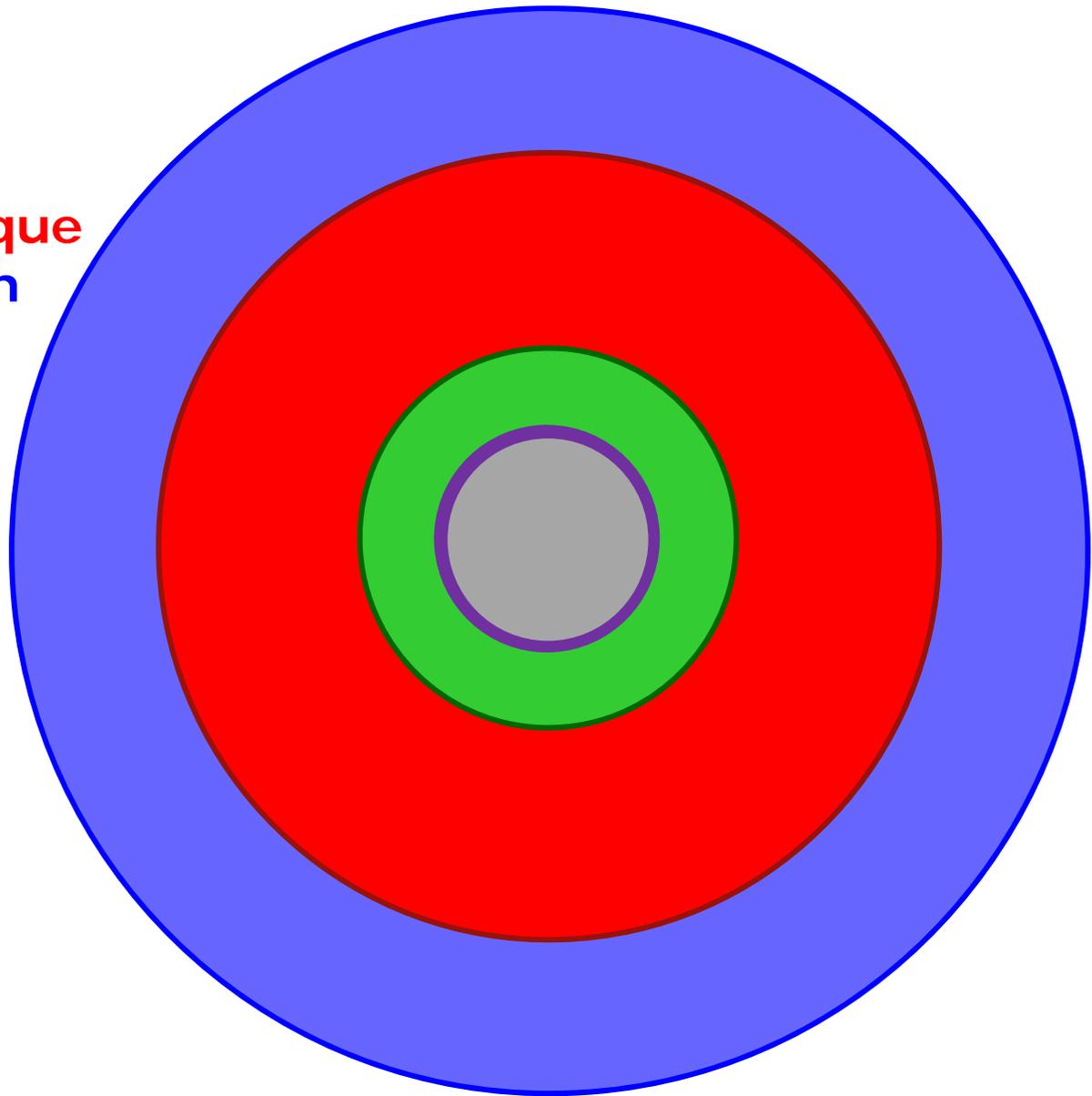
Trajectographe

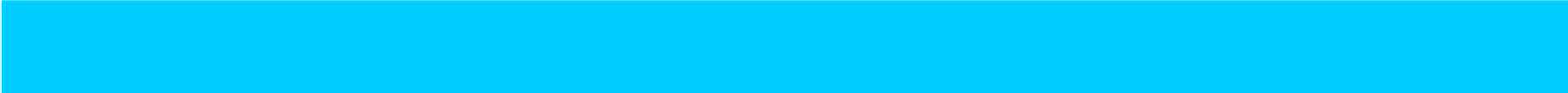
Solénoïde

Calorimètre EM

Calorimètre Hadronique

Spectromètre à muon





La reconstruction: vue d'ensemble

Objectif de la reconstruction:

Identifier les particules produites lors des collisions et mesurer leurs quadri-vecteurs

Cinématique

- Impulsion transverse:

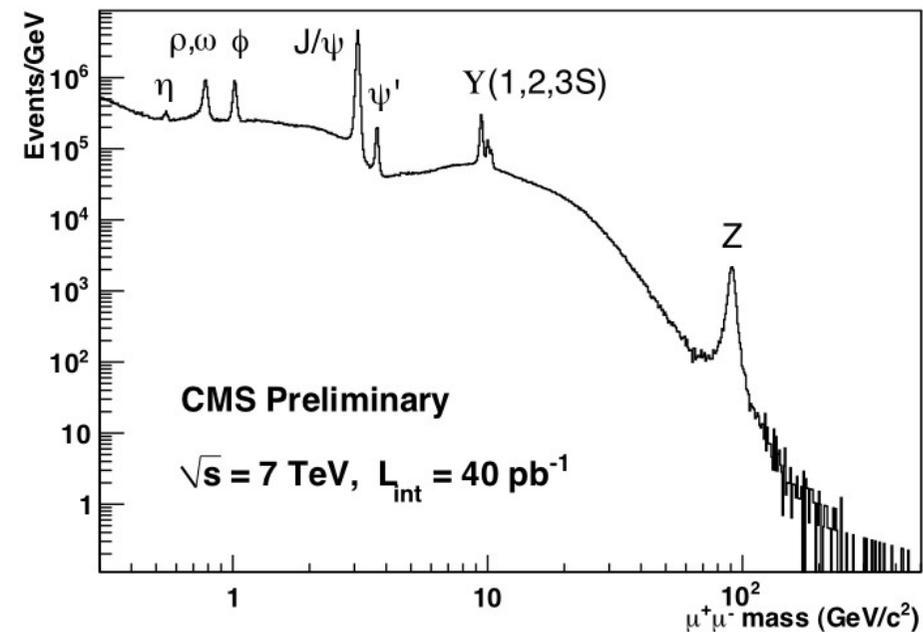
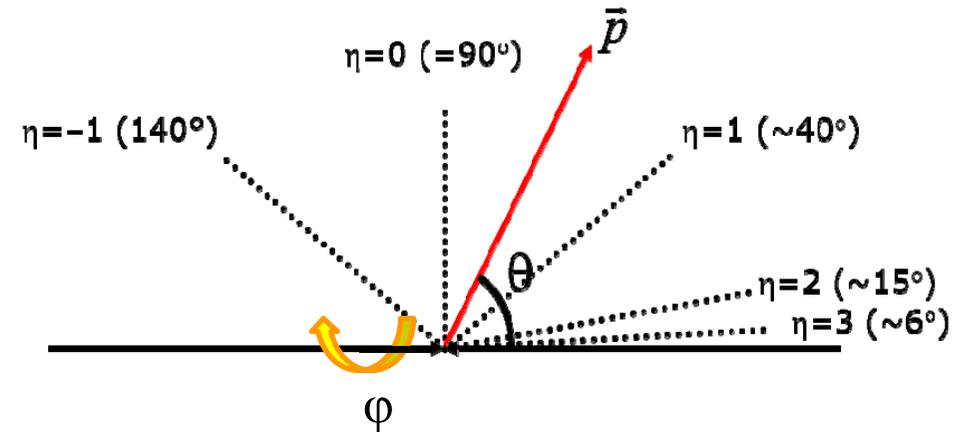
$$p_T = p \sin \theta$$

- Pseudo-rapidité:

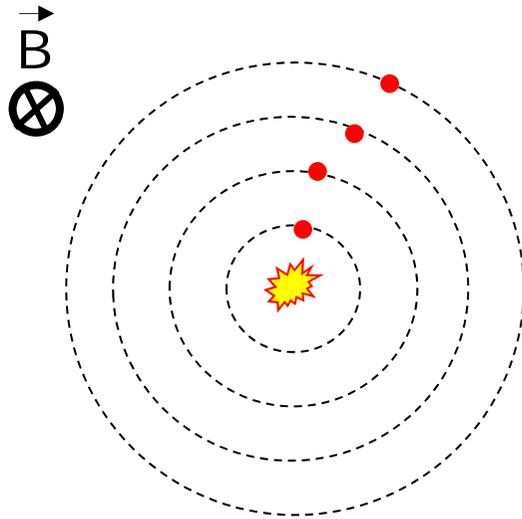
$$\eta = -\ln\left(\tan \frac{\theta}{2}\right)$$

- Masse invariante:

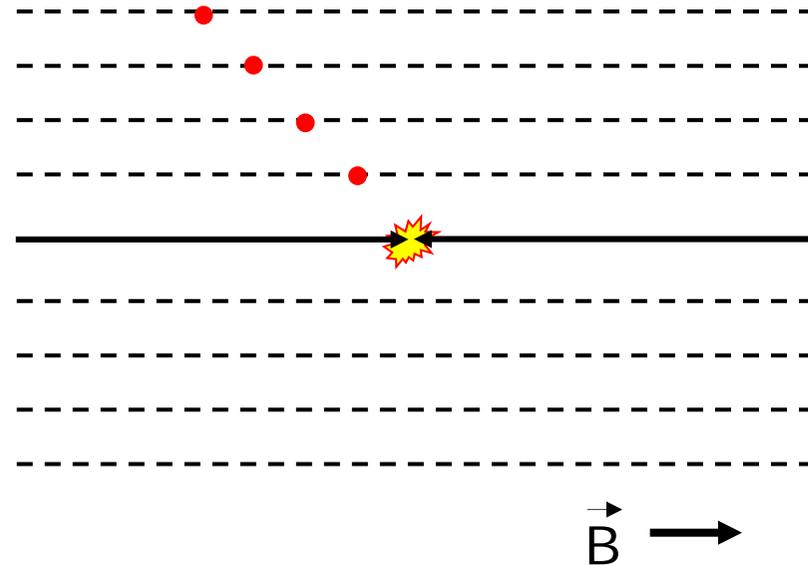
$$m = \sqrt{\sum_i \frac{E_i^2}{c^2} - \sum_i p_i^2}$$



La reconstruction des traces



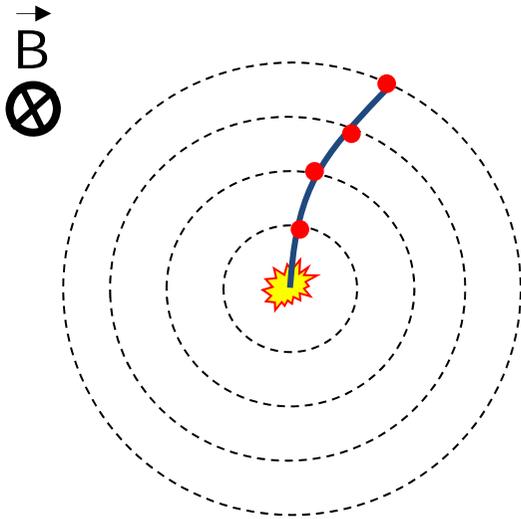
Un électron



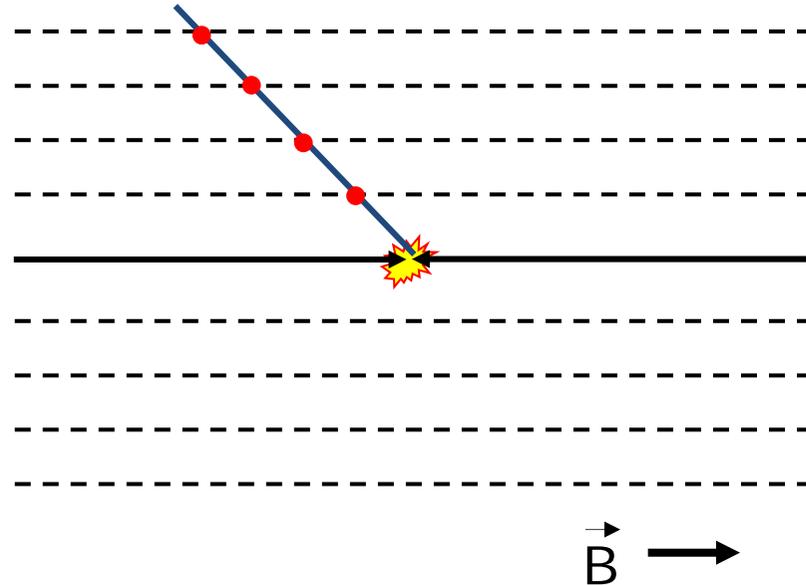
- Pour mesurer la charge et la quantité de mouvement, on va utiliser un aimant $\vec{p} = \gamma m \vec{v}$
- En effet les particules chargées, lorsqu'elles sont soumises à l'action d'un champ magnétique, ont une trajectoire en forme de spirale autour de la direction du champ.
 - Le sens de rotation donne le signe de la charge.
 - La courbure donne la quantité de mouvement ($p=RqB$)



La reconstruction des traces



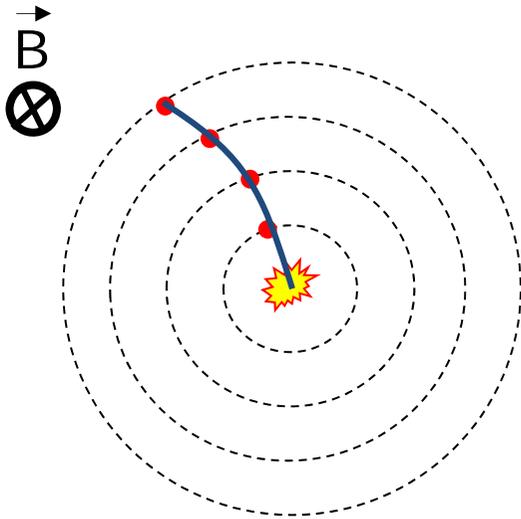
Un électron



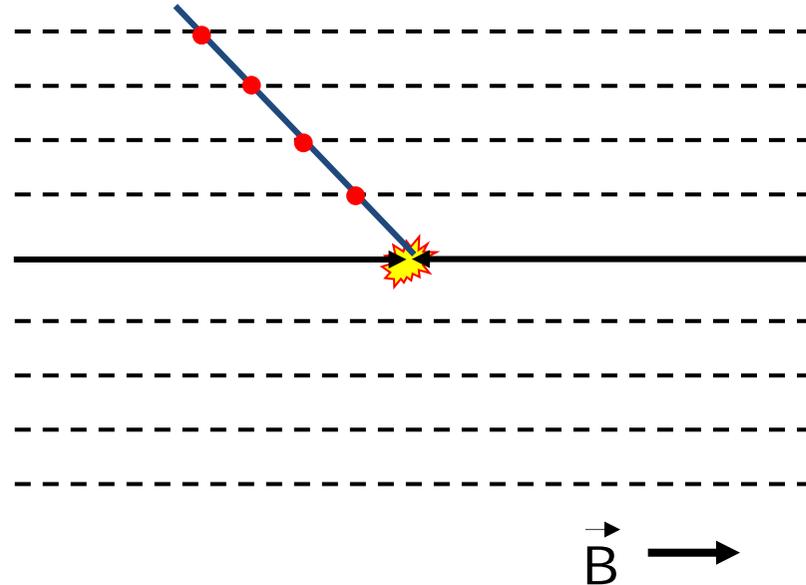
- Pour mesurer la charge et la quantité de mouvement, on va utiliser un aimant $\vec{p} = \gamma m \vec{v}$
- En effet les particules chargées, lorsqu'elles sont soumises à l'action d'un champ magnétique, ont une trajectoire en forme de spirale autour de la direction du champ.
 - Le sens de rotation donne le signe de la charge.
 - La courbure donne la quantité de mouvement ($p=RqB$)



La reconstruction des traces



Un anti-électron=positron



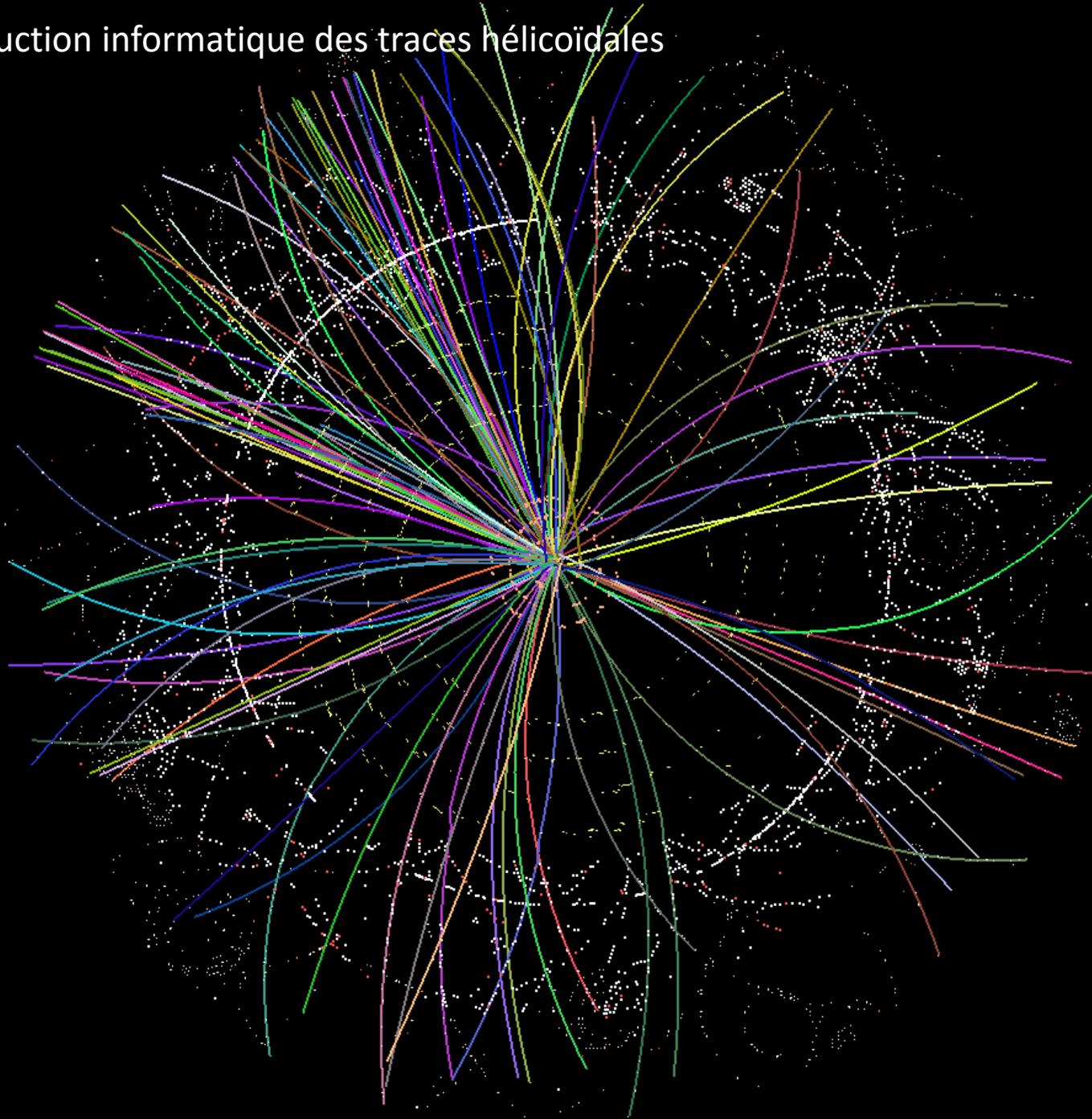
- Pour mesurer la charge et la quantité de mouvement, on va utiliser un aimant $\vec{p} = \gamma m \vec{v}$
- En effet les particules chargées, lorsqu'elles sont soumises à l'action d'un champ magnétique, ont une trajectoire en forme de spirale autour de la direction du champ.
 - Le sens de rotation donne le signe de la charge.
 - La courbure donne la quantité de mouvement ($p=RqB$)



Détection du passage des particules



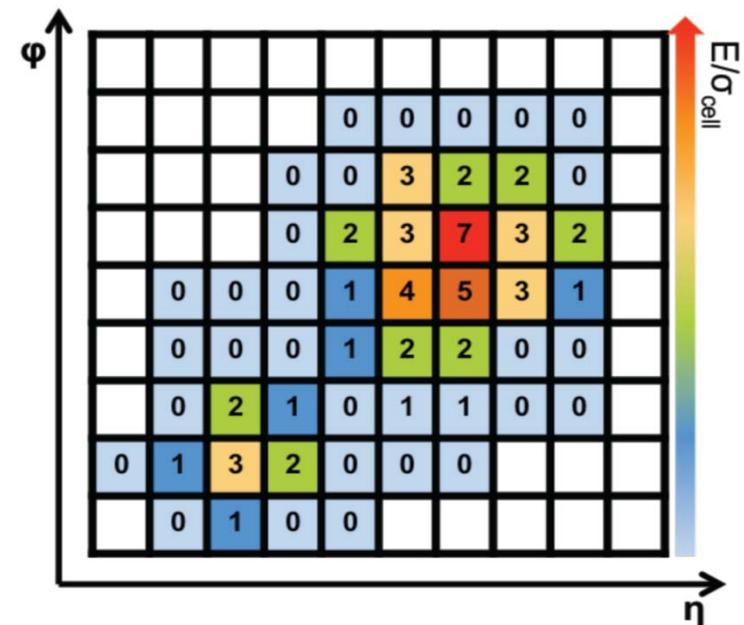
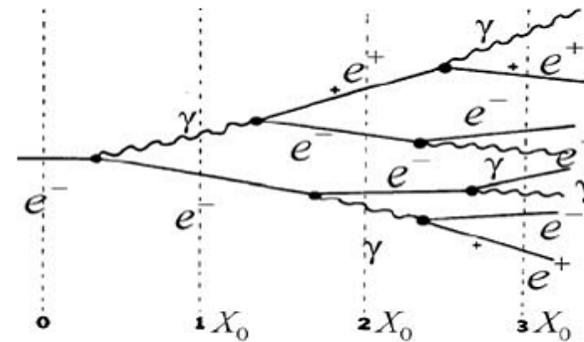
Reconstruction informatique des traces hélicoïdales



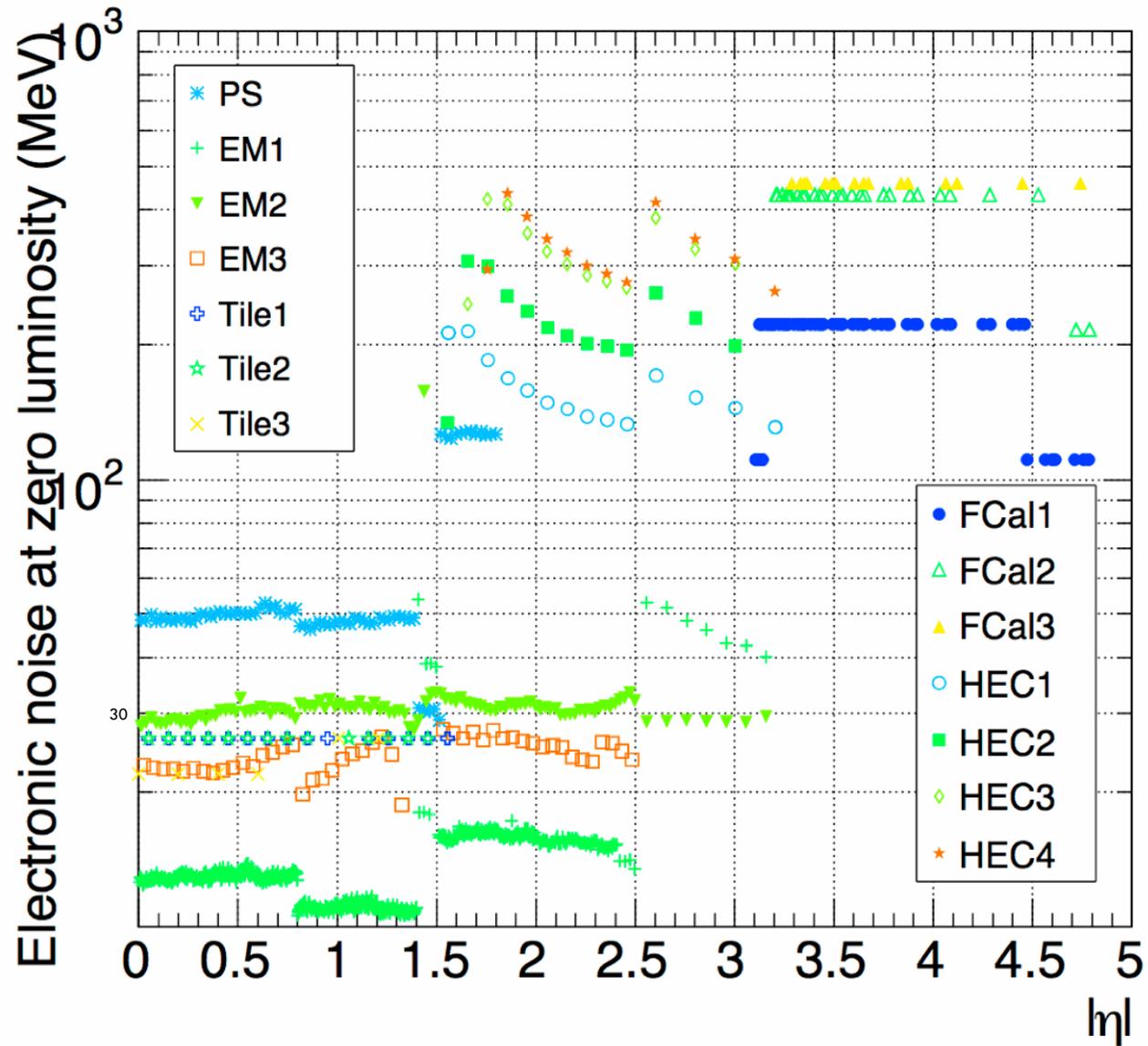
Agrégation des cellules du calorimètre

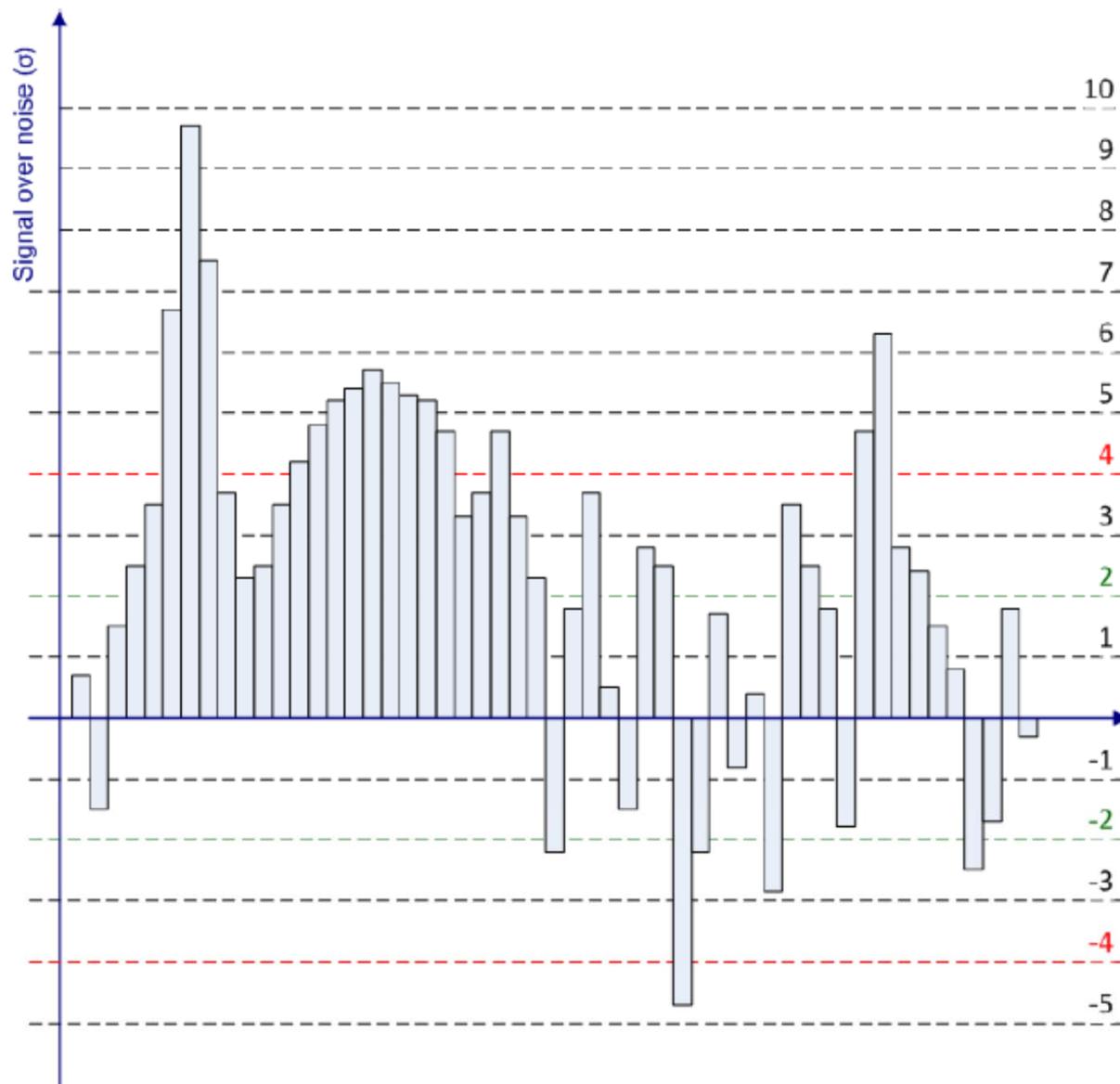
- Pour mesurer l'énergie, on arrête la particule avec de la matière
⇒ **détecteur dense**
- Les particules “filles” ainsi produites vont laisser un signal dans les **parties actives** du calorimètre (ex: par ionization)
- Les calorimètres sont segmentés en cellules
- Agrégation (“Clustering”)
 - But : grouper les cellules proches
 - Sliding window: regroupe des cellules dans un rectangle de taille fixe
 - Topo-clustering: regroupe les cellules qui ont une énergie au-delà du bruit

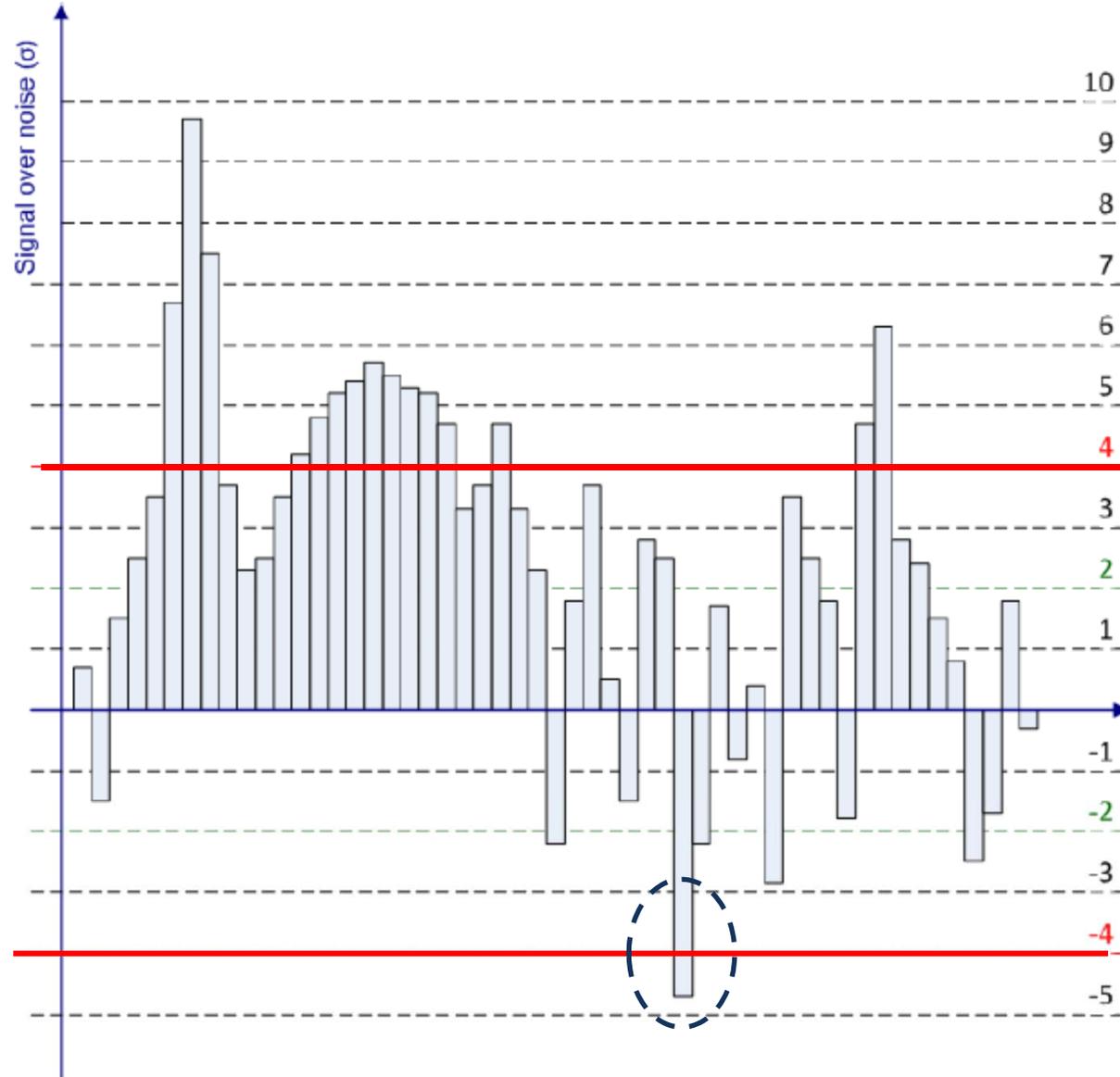
Gerbe électromagnétique

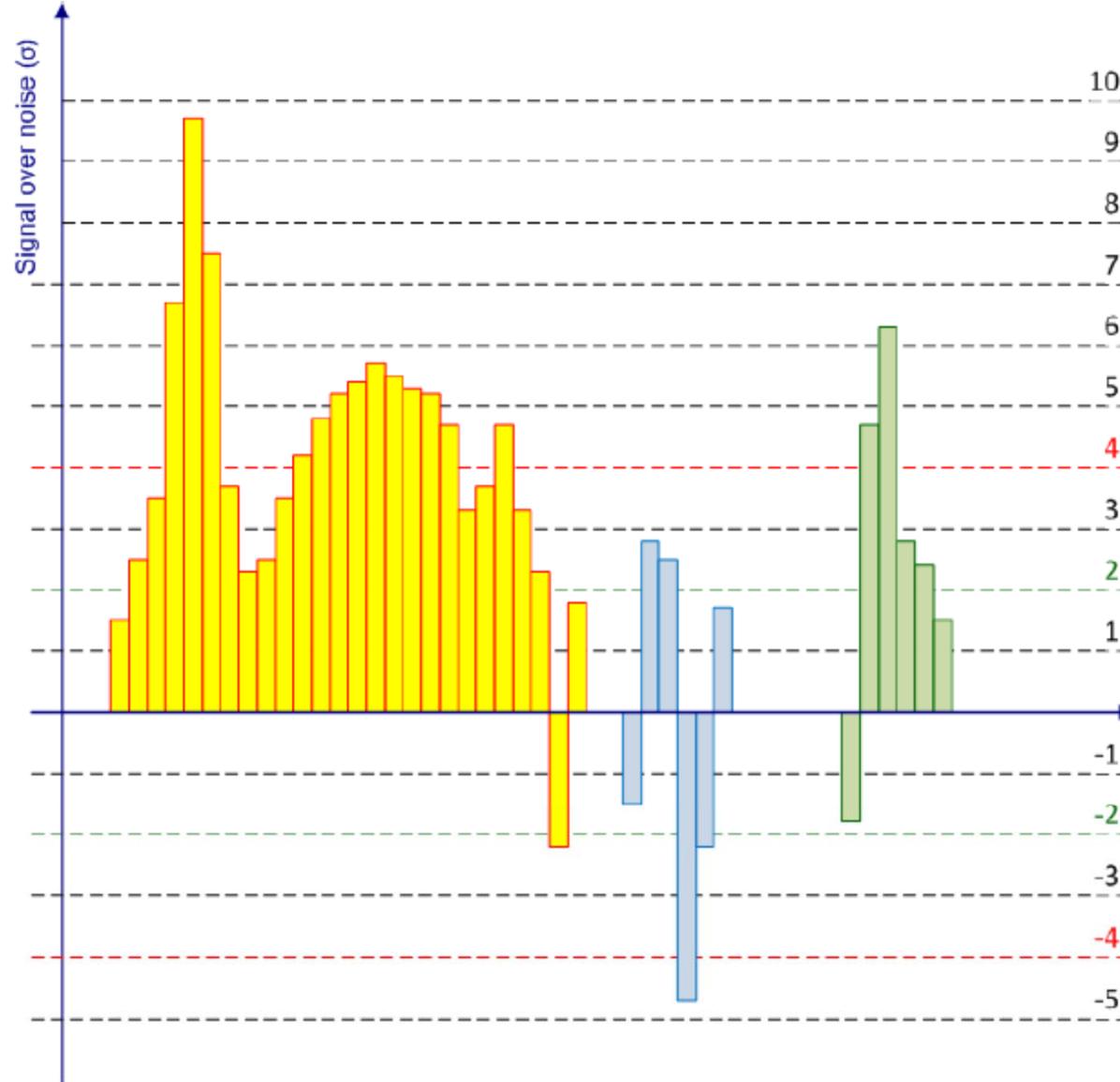


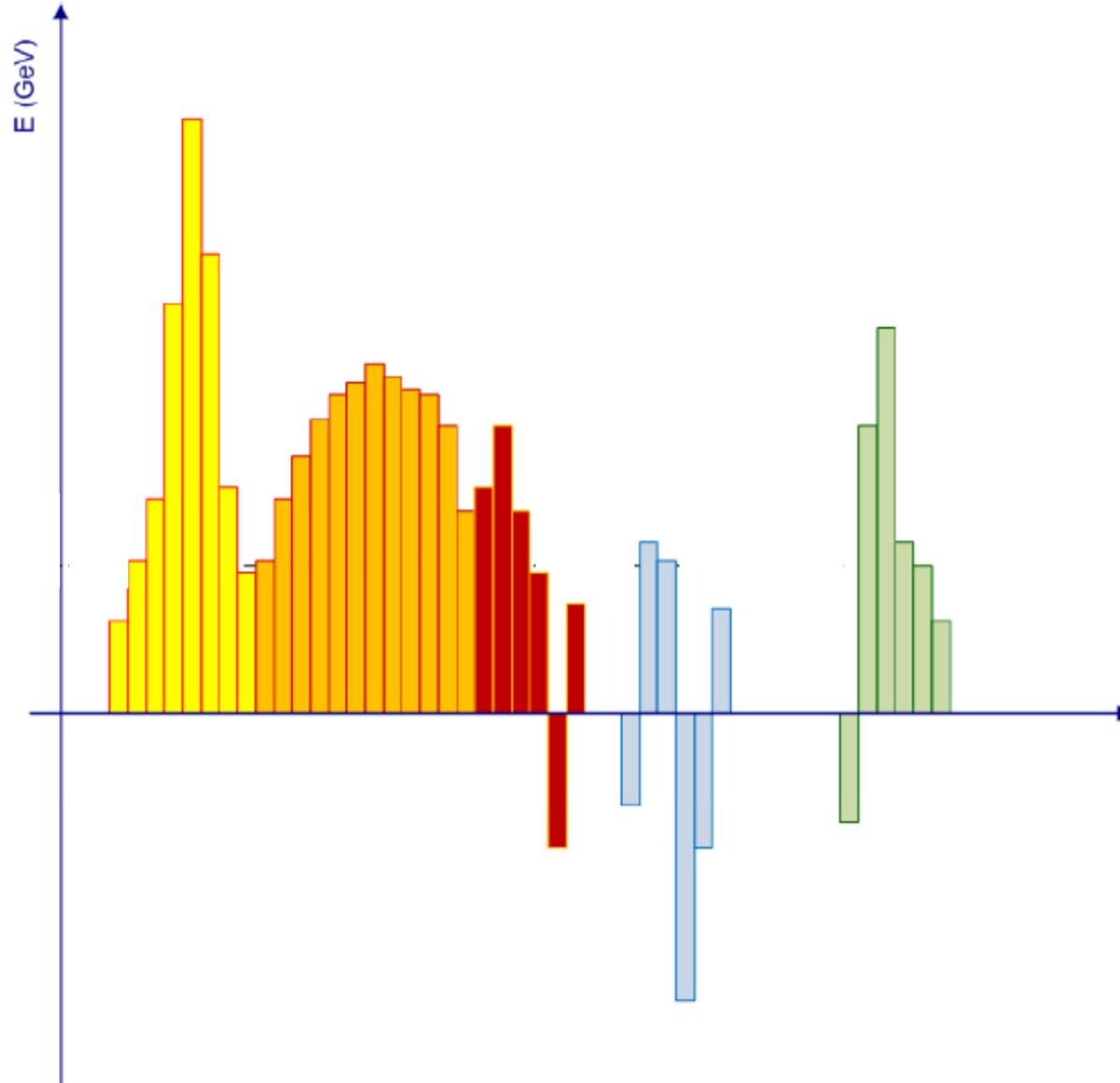
Bruit du calorimètre











Vue transverse simplifiée

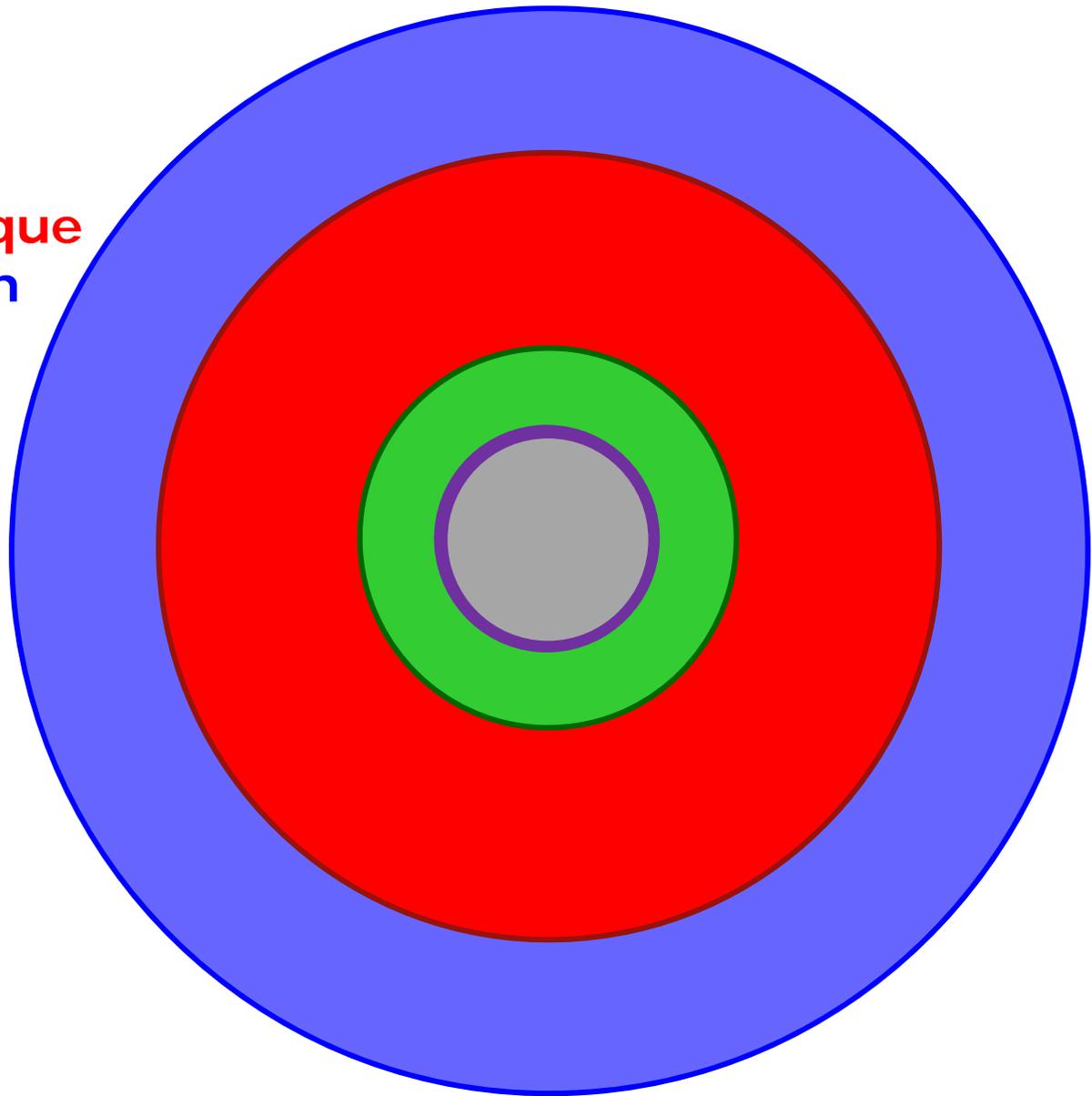
Trajectographe

Solénoïde

Calorimètre EM

Calorimètre Hadronique

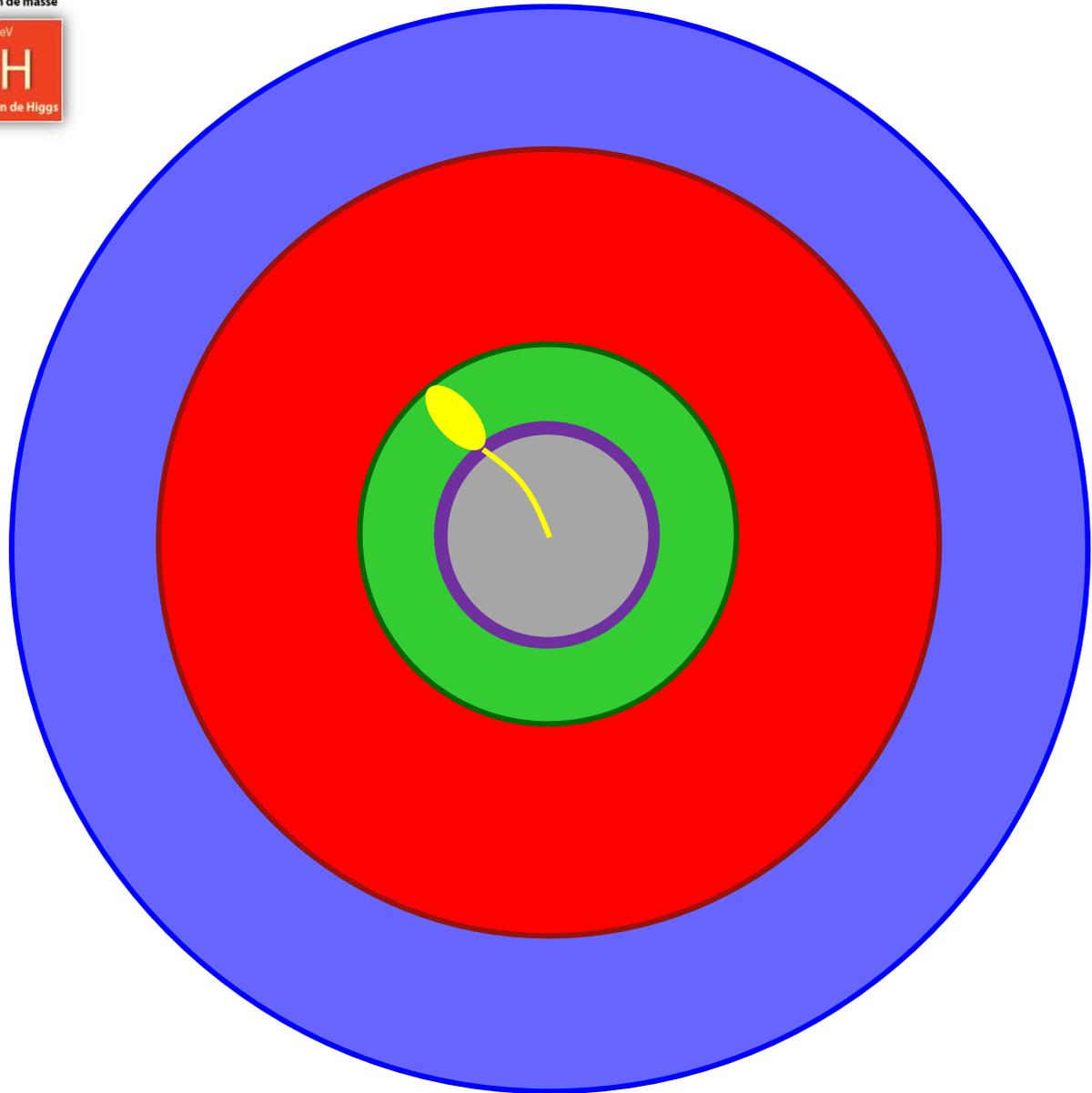
Spectromètre à muon



Que fait-on avec les traces
et les amas d'énergie dans
le calorimètre?

Electron

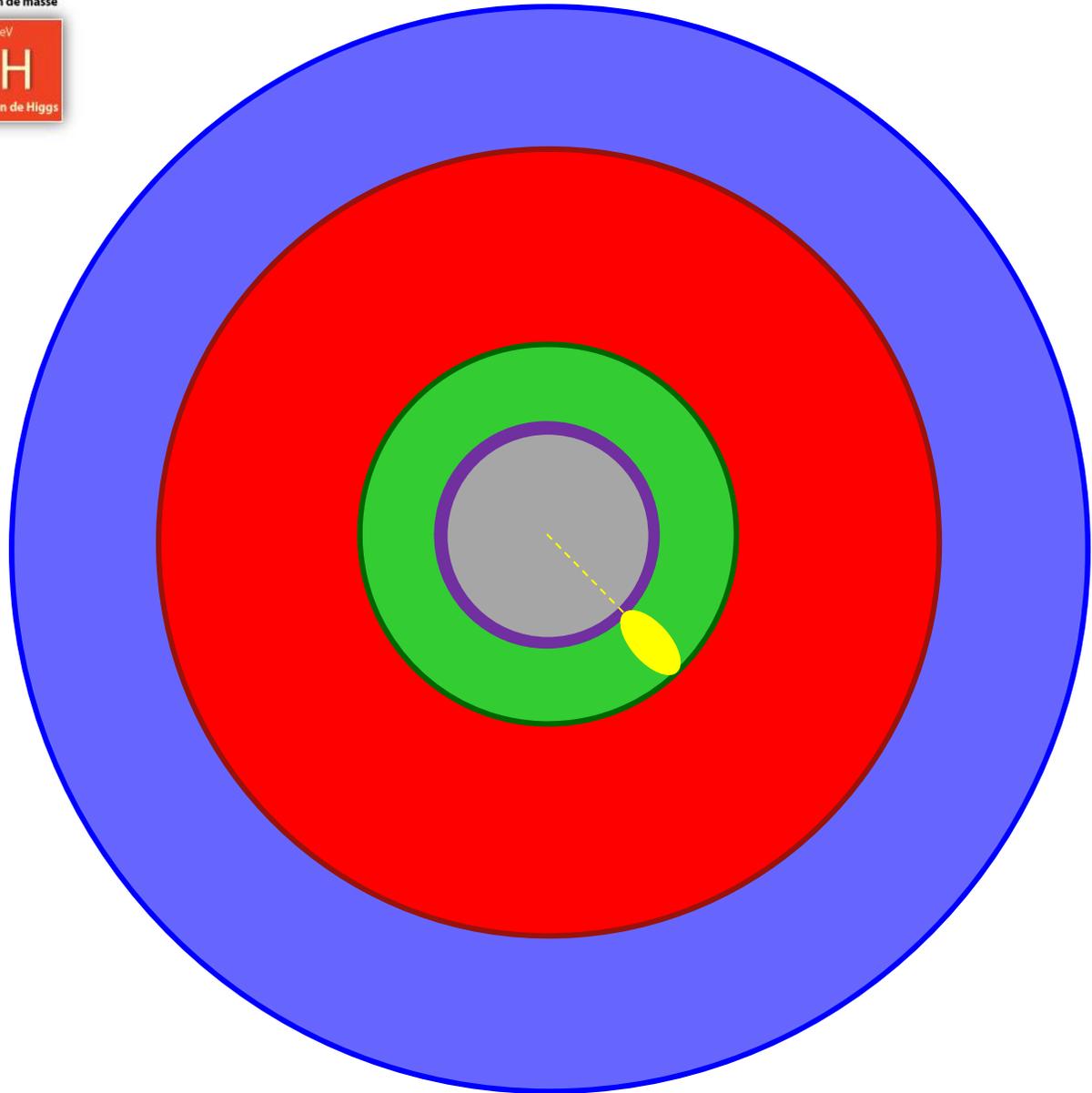
	Particules de matière (fermions)			Particules d'interactions	boson de masse
	I	II	III		
QUARKS	2.4 MeV +2/3 1/2 u up	1.27 GeV +2/3 1/2 c charm	171.2 GeV +2/3 1/2 t top	0 0 1 γ photon	125 GeV 0 0 H boson de Higgs
	4.8 MeV -1/3 1/2 d down	104 GeV -1/3 1/2 s strange	4.2 GeV -1/3 1/2 b bottom	0 0 1 g gluon	
LEPTONS	<2.2 eV 0 1/2 ν_e neutrino électronique	<0.17 MeV 0 1/2 ν_μ neutrino muonique	<15.5 MeV 0 1/2 ν_τ neutrino tauique	91.2 GeV 0 1 Z^0 boson Z	BOSONS DE JAUGE
	511 KeV -1 1/2 e électron	105.7 MeV -1 1/2 μ muon	1.777 GeV -1 1/2 τ tau	80.4 GeV ± 1 1 W^\pm bosons W	



Trajectographe
 Solénoïde
 Calorimètre EM
 Calorimètre Hadronique
 Spectromètre à muon

Photon

	Particules de matière (fermions)			Particules d'interaction	boson de masse
	I	II	III		
QUARKS	2.4 MeV +2/3 1/2 u up	1.27 GeV +2/3 1/2 c charm	171.2 GeV +2/3 1/2 t top	0 0 1 γ photon	125 GeV 0 0 H boson de Higgs
	4.8 MeV -1/3 1/2 d down	104 GeV -1/3 1/2 s strange	4.2 GeV -1/3 1/2 b bottom	0 0 1 g gluon	
	<2.2 eV 0 1/2 ν_e neutrino électronique	<0.17 MeV 0 1/2 ν_μ neutrino muonique	<15.5 MeV 0 1/2 ν_τ neutrino tauique	91.2 GeV 0 1 Z⁰ boson Z	
LEPTONS	511 KeV -1 1/2 e électron	105.7 MeV -1 1/2 μ muon	1.777 GeV -1 1/2 τ tau	80.4 GeV ± 1 1 W$^\pm$ bosons W	BOSONS DE JAUGE



Trajectographe
 Solénoïde
 Calorimètre EM
 Calorimètre Hadronique
 Spectromètre à muon

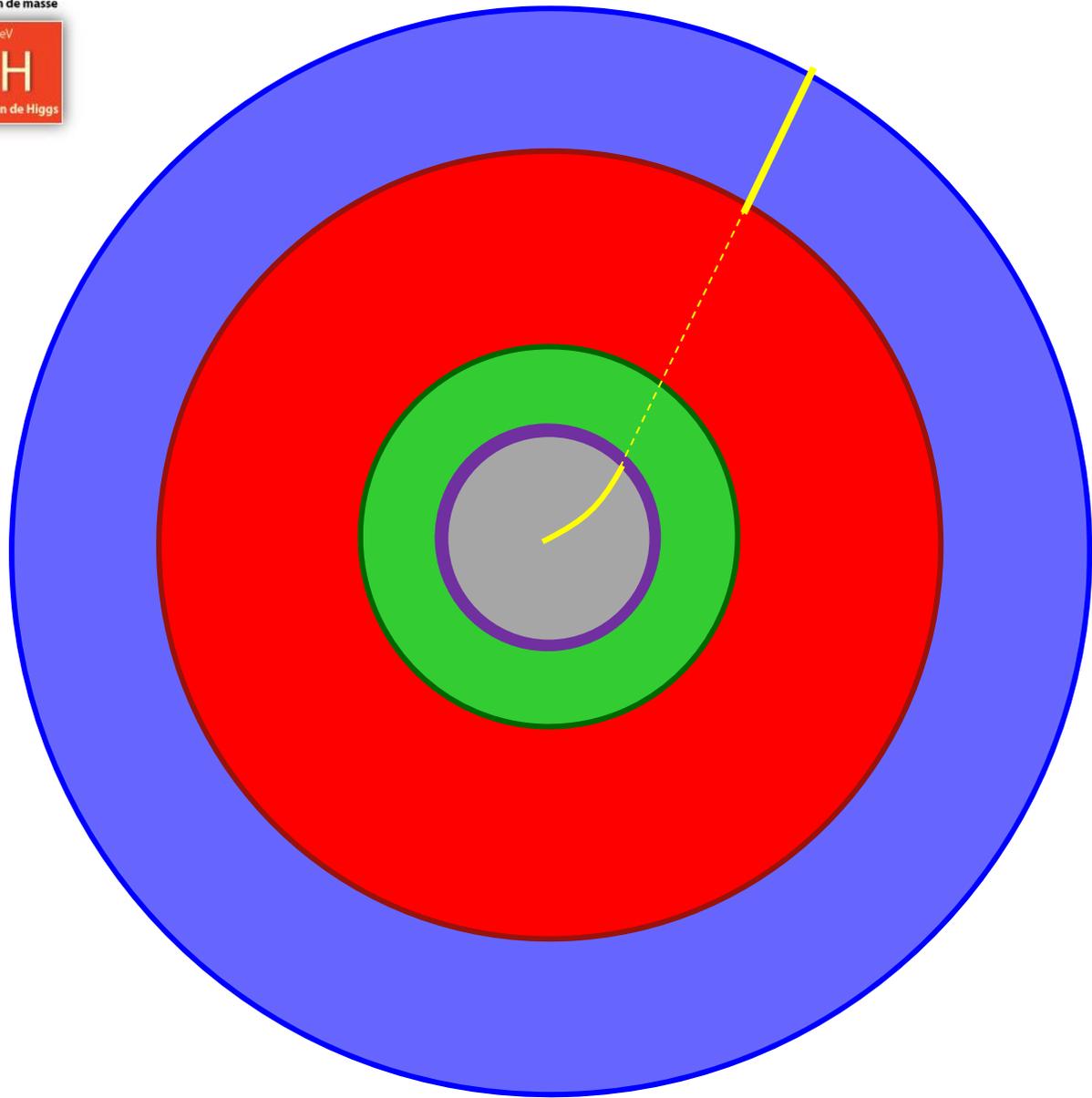
Muon

	Particules de matière (fermions)			Particules d'interactions	boson de masse
	I	II	III		
QUARKS	2.4 MeV +2/3 1/2 u up	1.27 GeV +2/3 1/2 c charm	171.2 GeV +2/3 1/2 t top	0 0 1 γ photon	125 GeV 0 0 H boson de Higgs
	4.8 MeV -1/3 1/2 d down	104 GeV -1/3 1/2 s strange	4.2 GeV -1/3 1/2 b bottom	0 0 1 g gluon	
LEPTONS	<2.2 eV 0 1/2 ν_e neutrino électronique	<0.17 MeV 0 1/2 ν_μ neutrino muonique	<15.5 MeV 0 1/2 ν_τ neutrino tauique	91.2 GeV 0 1 Z⁰ boson Z	80.4 GeV ±1 1 W[±] bosons W
	511 KeV -1 1/2 e électron	105.7 MeV -1 1/2 μ muon	1.777 GeV -1 1/2 τ tau		

$$\tau_{\mu} \sim 2 \mu\text{s}$$

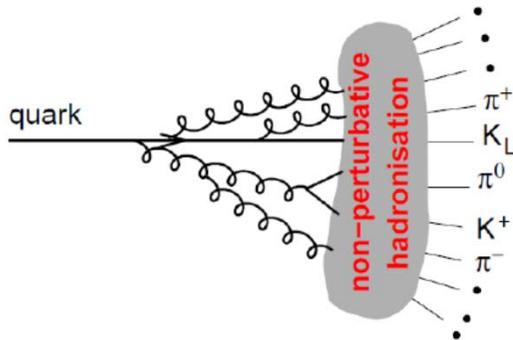
$$\rightarrow c\tau_{\mu} \sim 600\text{m}$$

- Trajectographe
- Solénoïde
- Calorimètre EM
- Calorimètre Hadronique
- Spectromètre à muon

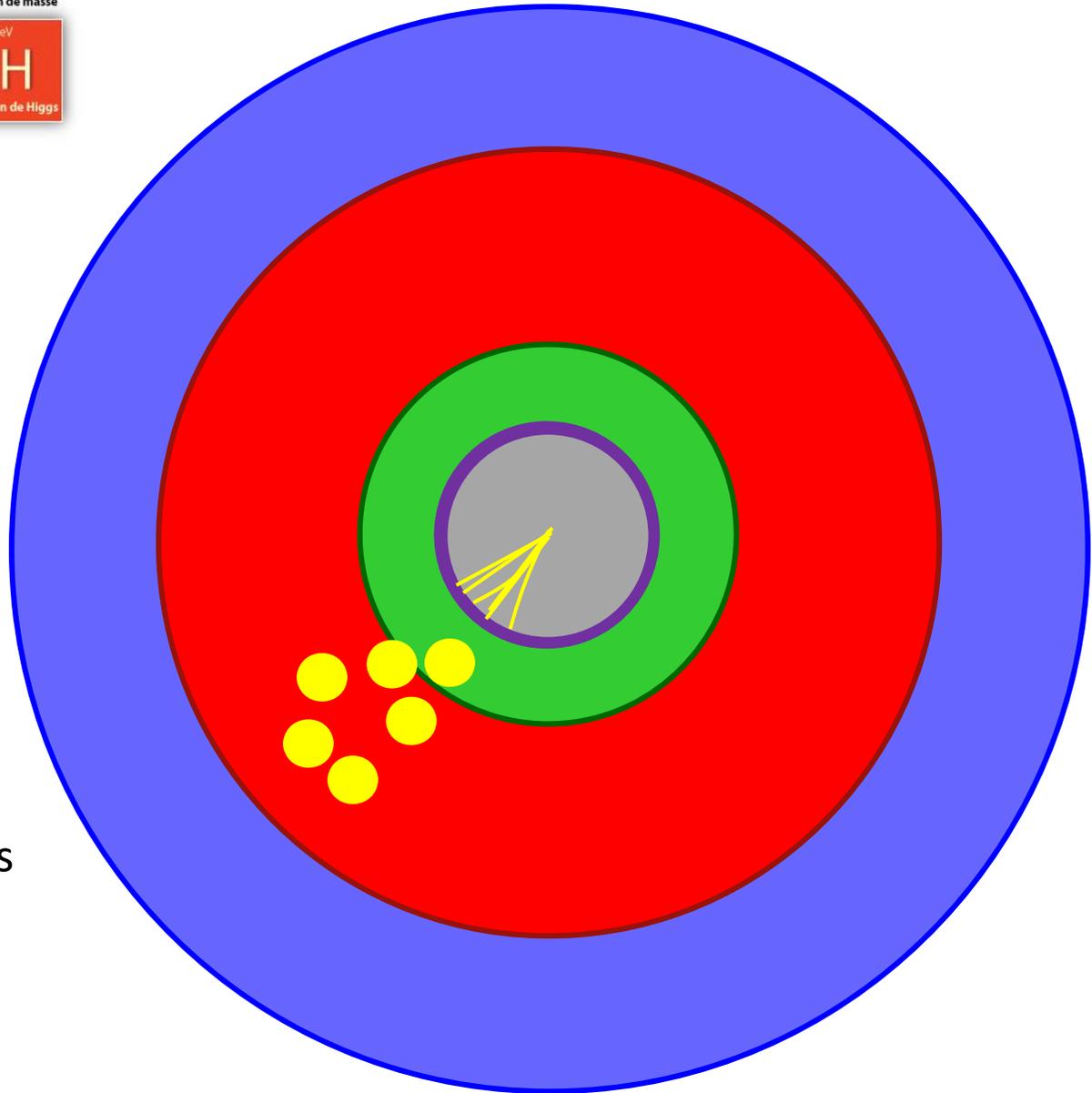


Jets

Particules de matière (fermions)			Particules d'interactions	
QUARKS	2.4 MeV +2/3 1/2 u up	1.27 GeV +2/3 1/2 c charm	171.2 GeV +2/3 1/2 t top	0 0 1 γ photon
	4.8 MeV -1/3 1/2 d down	104 GeV -1/3 1/2 s strange	4.2 GeV -1/3 1/2 b bottom	0 0 1 g gluon
	<2.2 eV 0 1/2 ν_e neutrino électronique	<0.17 MeV 0 1/2 ν_μ neutrino muonique	<15.5 MeV 0 1/2 ν_τ neutrino tauique	91.2 GeV 0 1 Z^0 boson Z
	511 KeV -1 1/2 e électron	105.7 MeV -1 1/2 μ muon	1.777 GeV -1 1/2 τ tau	80.4 GeV ± 1 1 W^\pm bosons W
				BOSONS DE JAUGE
LEPTONS			boson de masse	
			125 GeV 0 0 H boson de Higgs	



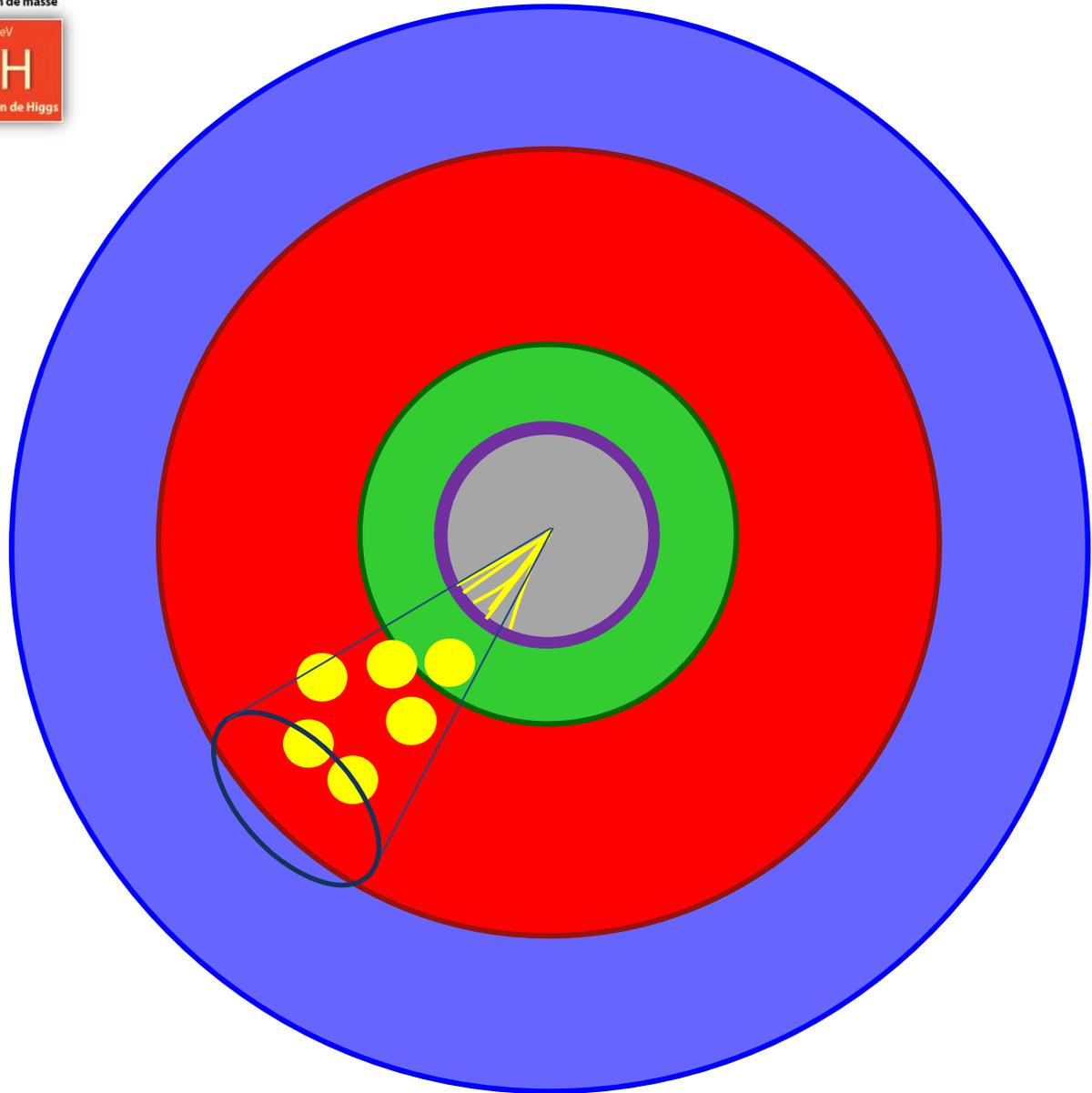
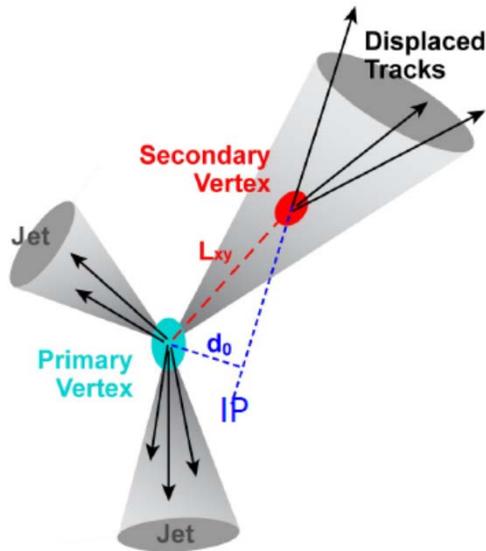
Quarks/gluons ne peuvent pas être observés à l'état libres (confinement)
 → jets de hadrons



Jets de quarks b

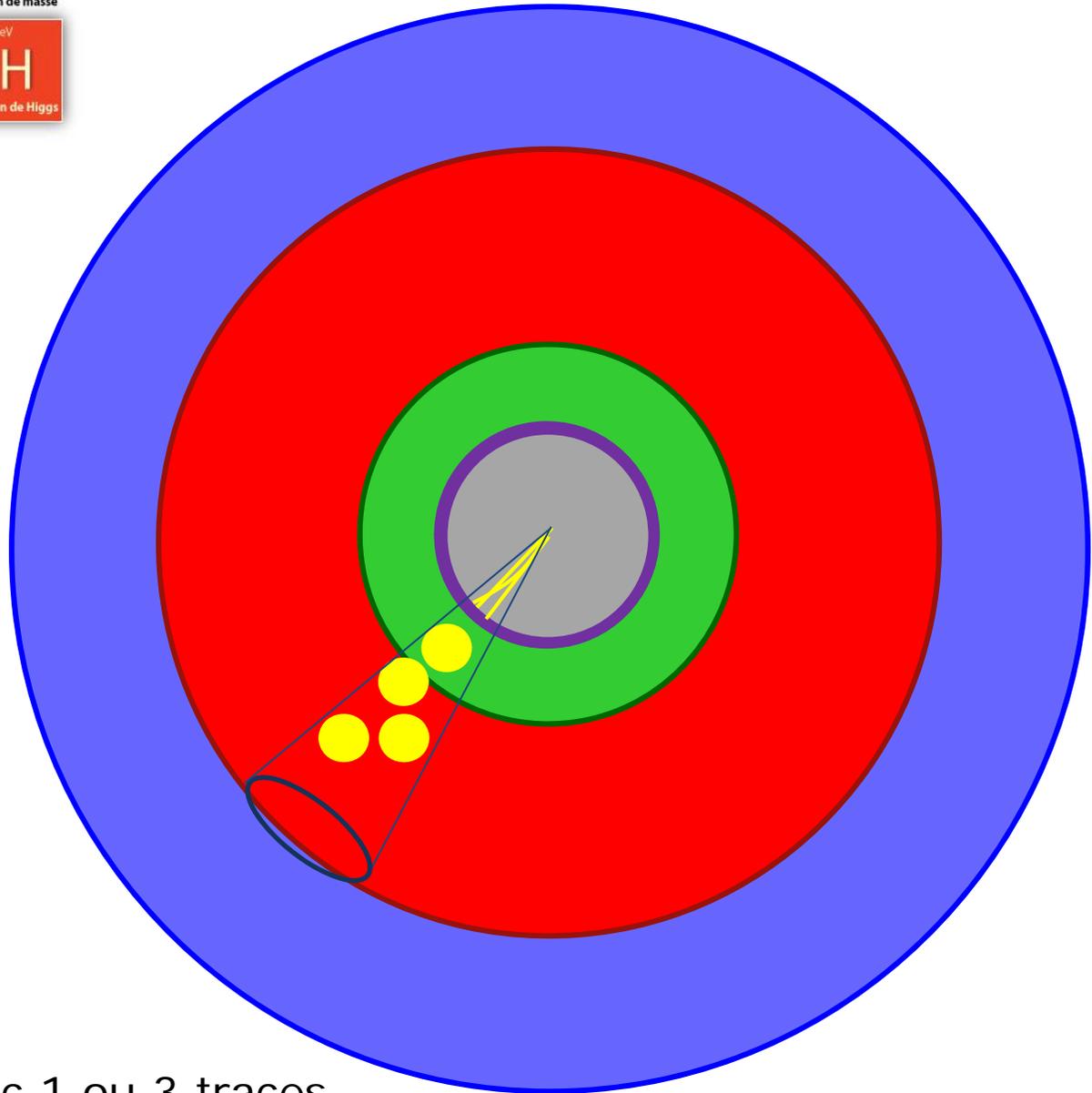
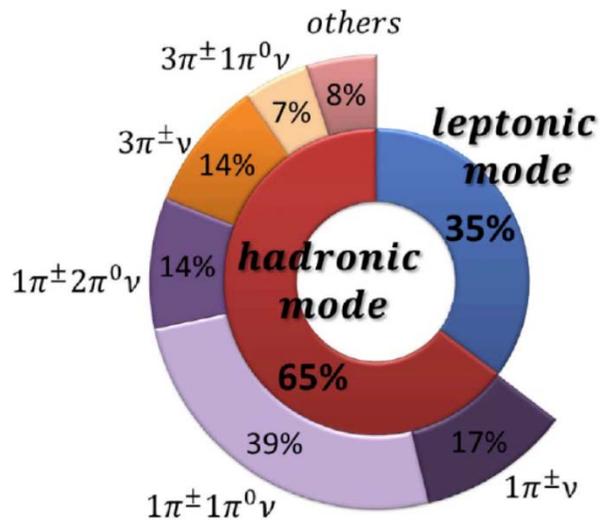
	Particules de matière (fermions)			Particules d'interactions	
	I	II	III		boson de masse
QUARKS	2.4 MeV +2/3 1/2 u up	1.27 GeV +2/3 1/2 c charm	171.2 GeV +2/3 1/2 t top	0 0 1 γ photon	125 GeV 0 0 H boson de Higgs
	4.8 MeV -1/3 1/2 d down	104 GeV -1/3 1/2 s strange	4.2 GeV -1/3 1/2 b bottom	0 0 1 g gluon	
	<2.2 eV 0 1/2 ν_e neutrino électronique	<0.17 MeV 0 1/2 ν_μ neutrino muonique	<15.5 MeV 0 1/2 ν_τ neutrino tauique	91.2 GeV 0 1 Z^0 boson Z	
LEPTONS	511 KeV -1 1/2 e électron	105.7 MeV -1 1/2 μ muon	1.777 GeV -1 1/2 τ tau	80.4 GeV ± 1 1 W^\pm bosons W	BOSONS DE JAUGE

B-hadrons: $c\tau_b \sim 500\mu\text{m}$



τ lepton

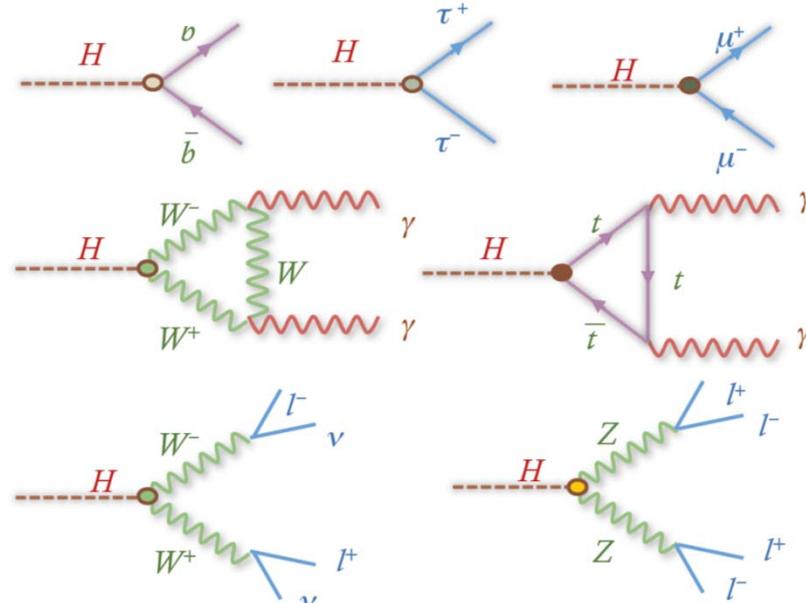
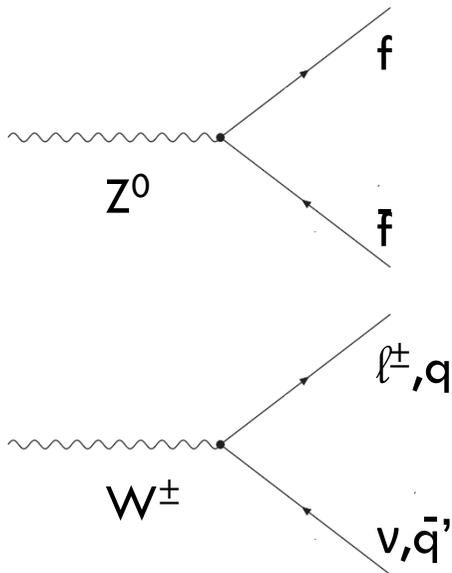
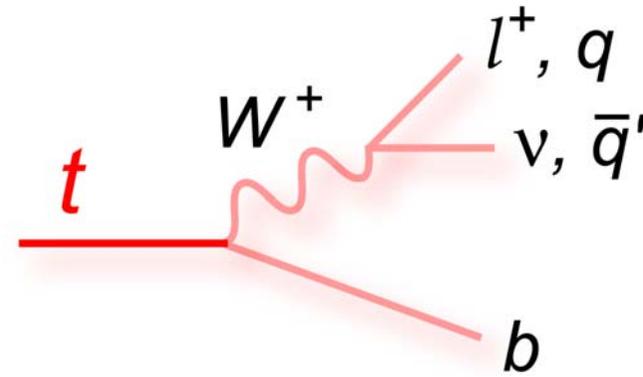
	Particules de matière (fermions)			Particules d'interactions	boson de masse
	I	II	III		
QUARKS	2.4 MeV +2/3 1/2 u up	1.27 GeV +2/3 1/2 c charm	171.2 GeV +2/3 1/2 t top	0 0 1 γ photon	125 GeV 0 0 H boson de Higgs
	4.8 MeV -1/3 1/2 d down	104 GeV -1/3 1/2 s strange	4.2 GeV -1/3 1/2 b bottom	0 0 1 g gluon	
	<2.2 eV 0 1/2 ν_e neutrino électronique	<0.17 MeV 0 1/2 ν_μ neutrino muonique	<15.5 MeV 0 1/2 ν_τ neutrino tauique	91.2 GeV 0 1 Z^0 boson Z	
	511 KeV -1 1/2 e électron	105.7 MeV -1 1/2 μ muon	1.777 GeV -1 1/2 τ tau	80.4 GeV ± 1 1 W^\pm bosons W	
LEPTONS					



Hadronique τ : jet étroit avec 1 ou 3 traces

Autres particules instables

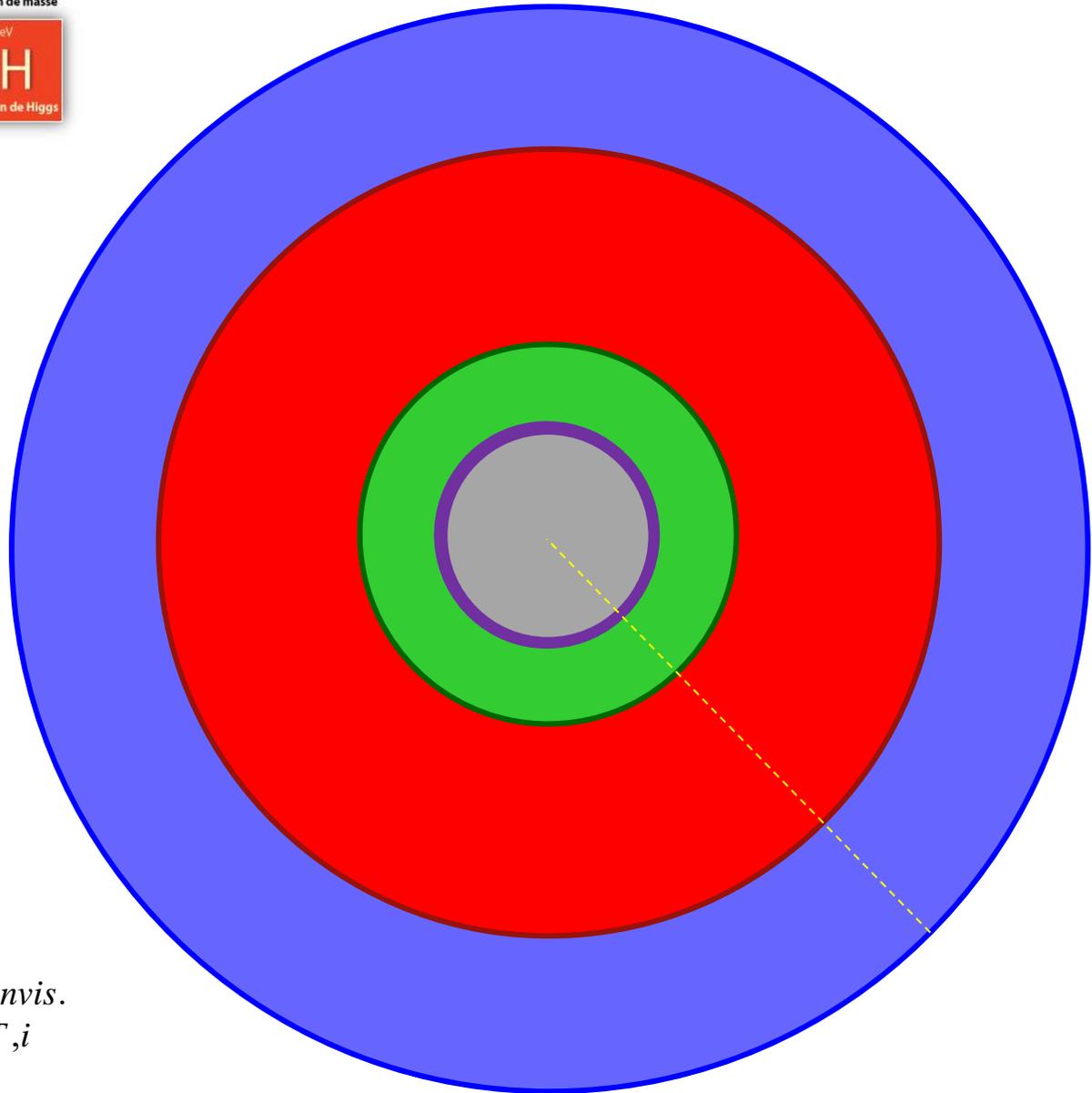
	Particules de matière (fermions)			Particules d'interactions	boson de masse
	I	II	III		
QUARKS	2.4 MeV +2/3 1/2 u up	1.27 GeV +2/3 1/2 c charm	171.2 GeV +2/3 1/2 t top	0 1 γ photon	1.25 GeV 0 0 H boson de Higgs
	4.8 MeV -1/3 1/2 d down	104 GeV -1/3 1/2 s strange	4.2 GeV -1/3 1/2 b bottom	0 1 g gluon	
	<2.2 eV 0 1/2 ν_e neutrino électronique	<0.17 MeV 0 1/2 ν_μ neutrino muonique	<15.5 MeV 0 1/2 ν_τ neutrino tauique	0 1 Z ⁰ boson Z	
LEPTONS	511 KeV -1 1/2 e électron	105.7 MeV -1 1/2 μ muon	1.777 GeV -1 1/2 τ tau	80.4 GeV ± 1 W [±] bosons W	BOSONS DE JAUGE



Energie transverse manquante

Particules de matière (fermions)			Particules d'interactions	boson de masse
I	II	III		
2.4 MeV +2/3 1/2 u up	1.27 GeV +2/3 1/2 c charm	171.2 GeV +2/3 1/2 t top	0 0 1 γ photon	125 GeV 0 0 H boson de Higgs
4.8 MeV -1/3 1/2 d down	104 GeV -1/3 1/2 s strange	4.2 GeV -1/3 1/2 b bottom	0 0 1 g gluon	
<2.2 eV 0 1/2 ν_e neutrino électronique	<0.17 MeV 0 1/2 ν_μ neutrino muonique	<15.5 MeV 0 1/2 ν_τ neutrino tauique	91.2 GeV 0 1 Z⁰ boson Z	
511 KeV -1 1/2 e électron	105.7 MeV -1 1/2 μ muon	1.777 GeV -1 1/2 τ tau	80.4 GeV ±1 1 W[±] bosons W	

BOSONS DE JAUGE



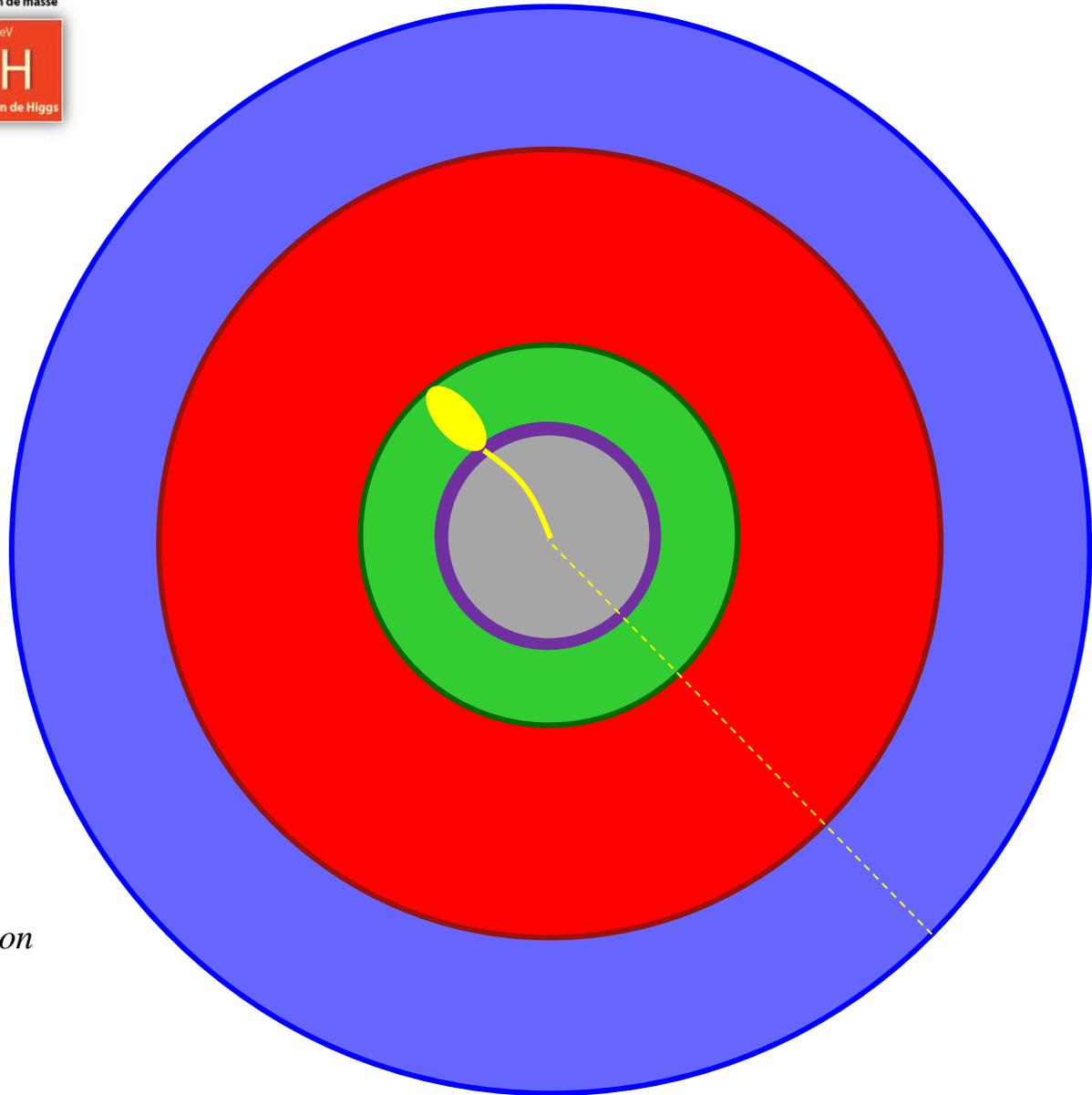
$$\sum_i \vec{p}_{T,i} \approx \vec{0}$$

$$\sum_i \vec{p}_{T,i}^{vis.} + \sum_i \vec{p}_{T,i}^{inv.} \approx \vec{0}$$

$$\vec{MET} = -\sum_i \vec{p}_{T,i}^{vis.} \approx \sum_i \vec{p}_{T,i}^{invis.}$$

Energie transverse manquante

	Particules de matière (fermions)			Particules d'interactions	boson de masse
	I	II	III		
QUARKS	2.4 MeV +2/3 1/2 u up	1.27 GeV +2/3 1/2 c charm	171.2 GeV +2/3 1/2 t top	0 0 1 γ photon	125 GeV 0 0 H boson de Higgs
	4.8 MeV -1/3 1/2 d down	104 GeV -1/3 1/2 s strange	4.2 GeV -1/3 1/2 b bottom	0 0 1 g gluon	
	<2.2 eV 0 1/2 ν_e neutrino électronique	<0.17 MeV 0 1/2 ν_μ neutrino muonique	<15.5 MeV 0 1/2 ν_τ neutrino tauique	91.2 GeV 0 1 Z⁰ boson Z	
	511 KeV -1 1/2 e électron	105.7 MeV -1 1/2 μ muon	1.777 GeV -1 1/2 τ tau	80.4 GeV ±1 1 W[±] bosons W	
LEPTONS					BOSONS DE JAUGE

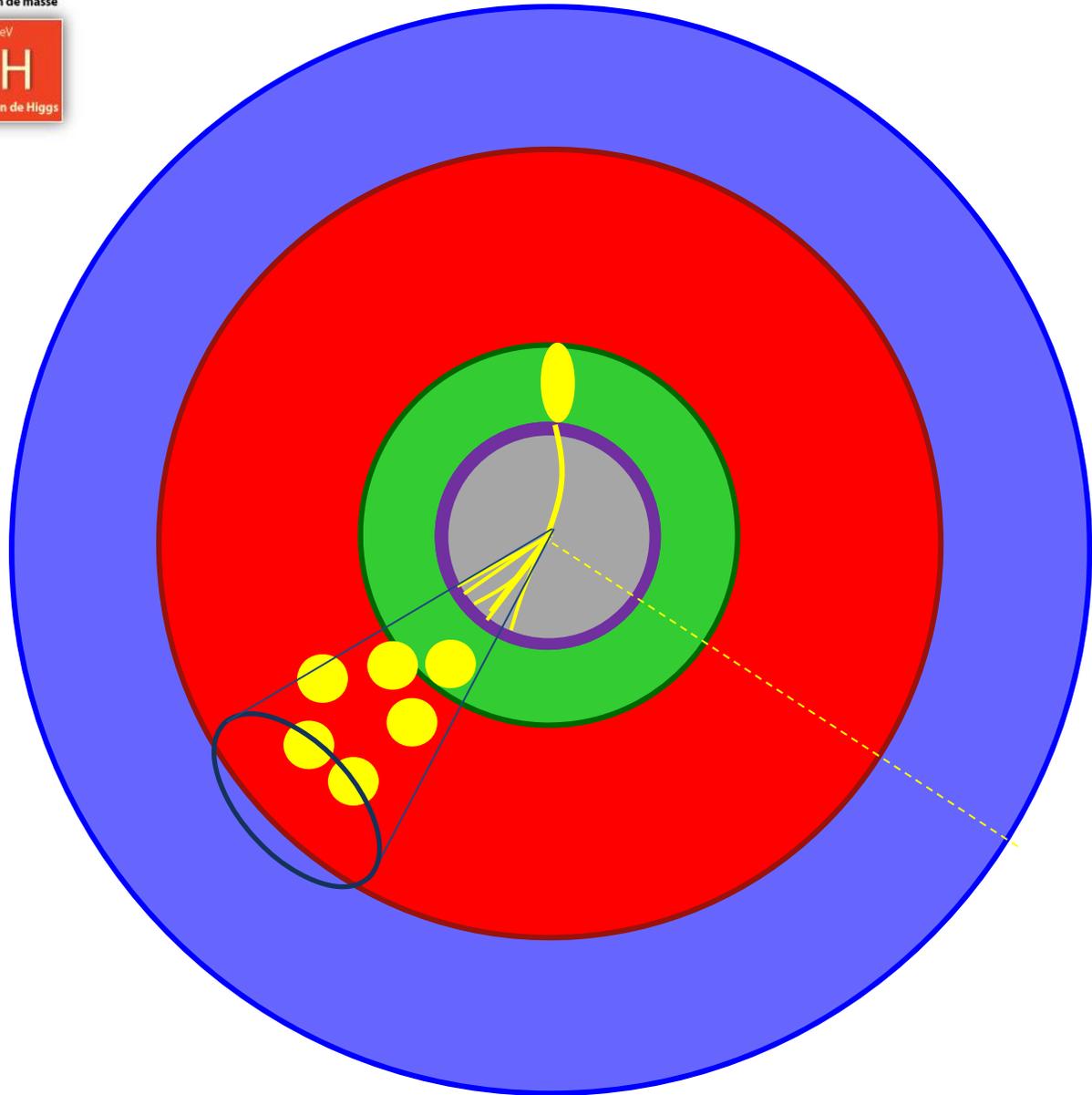


Pour cet événement:

$$\vec{MET} = \vec{p}_T^{neutrino} = -\vec{p}_T^{electron}$$

Energie transverse manquante

	Particules de matière (fermions)			Particules d'interactions	boson de masse
	I	II	III		
QUARKS	2.4 MeV +2/3 1/2 u up	1.27 GeV +2/3 1/2 c charm	171.2 GeV +2/3 1/2 t top	0 0 1 γ photon	125 GeV 0 0 H boson de Higgs
	4.8 MeV -1/3 1/2 d down	104 GeV -1/3 1/2 s strange	4.2 GeV -1/3 1/2 b bottom	0 0 1 g gluon	
	<2.2 eV 0 1/2 ν_e neutrino électronique	<0.17 MeV 0 1/2 ν_μ neutrino muonique	<15.5 MeV 0 1/2 ν_τ neutrino tauique	91.2 GeV 0 1 Z⁰ boson Z	
	511 KeV -1 1/2 e électron	105.7 MeV -1 1/2 μ muon	1.777 GeV -1 1/2 τ tau	80.4 GeV ±1 1 W[±] bosons W	
				BOSONS DE JAUGE	

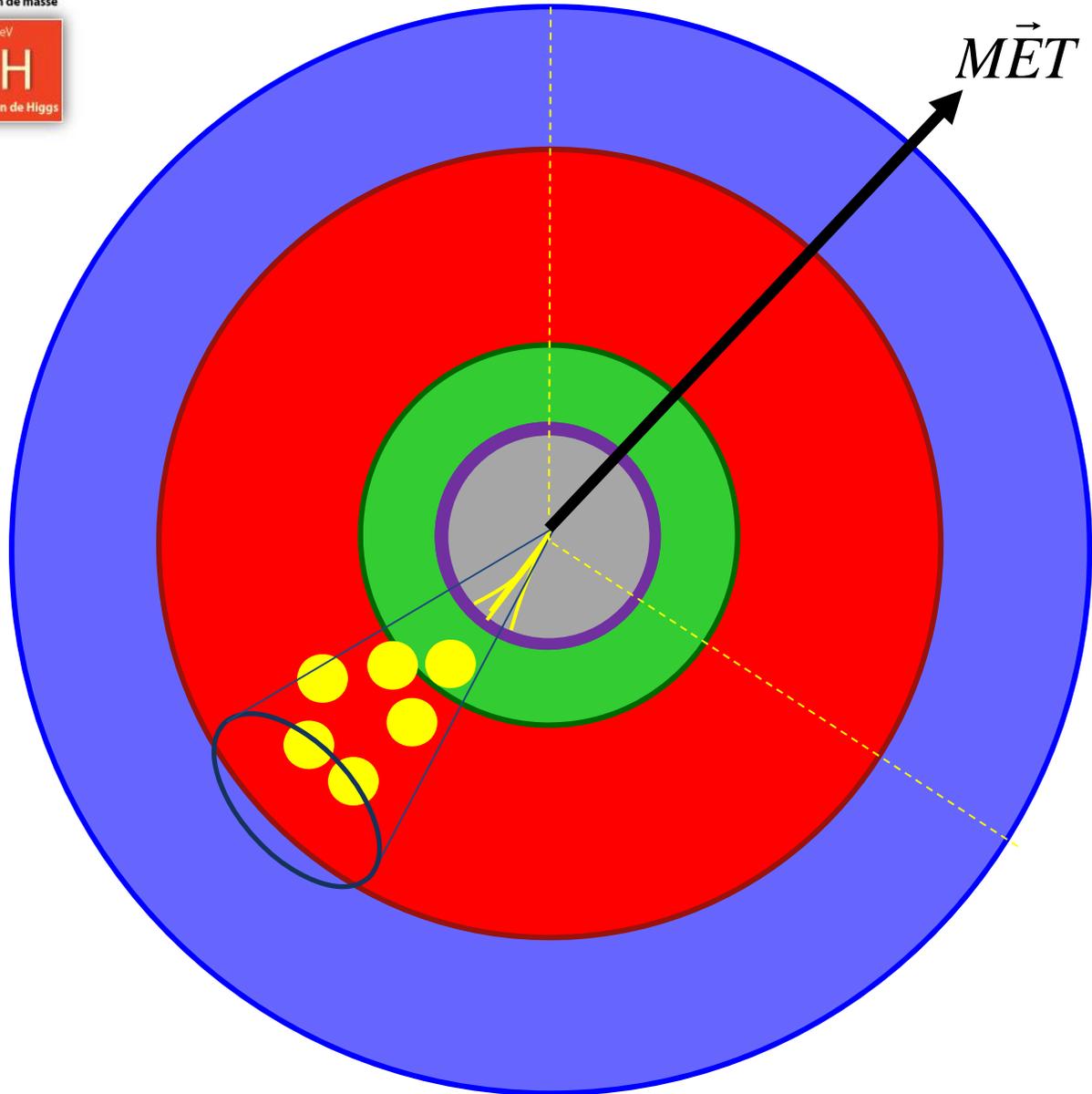


Pour cet événement:

$$\vec{MET} = -\vec{p}_T^{electron} - \vec{p}_T^{jet}$$

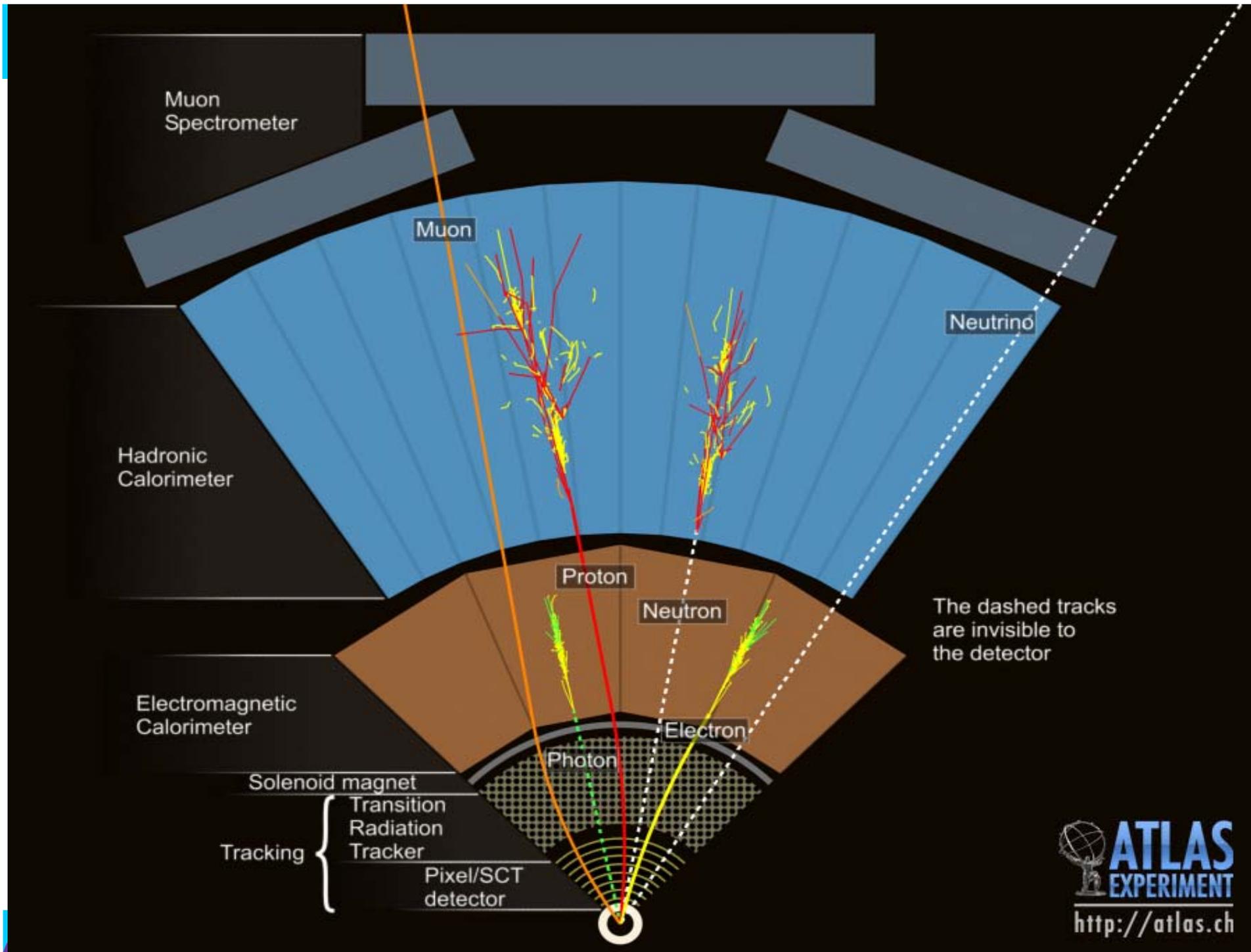
Energie transverse manquante

	Particules de matière (fermions)			Particules d'interactions	boson de masse
	I	II	III		
QUARKS	2.4 MeV +2/3 1/2 u up	1.27 GeV +2/3 1/2 c charm	171.2 GeV +2/3 1/2 t top	0 0 1 γ photon	125 GeV 0 0 H boson de Higgs
	4.8 MeV -1/3 1/2 d down	104 GeV -1/3 1/2 s strange	4.2 GeV -1/3 1/2 b bottom	0 0 1 g gluon	
	<2.2 eV 0 1/2 ν_e neutrino électronique	<0.17 MeV 0 1/2 ν_μ neutrino muonique	<15.5 MeV 0 1/2 ν_τ neutrino tauique	91.2 GeV 0 1 Z⁰ boson Z	
	511 KeV -1 1/2 e électron	105.7 MeV -1 1/2 μ muon	1.777 GeV -1 1/2 τ tau	80.4 GeV ±1 1 W[±] bosons W	
				BOSONS DE JAUGE	



Pour cet événement:

$$\vec{MET} = -\vec{p}_T^{jet}$$



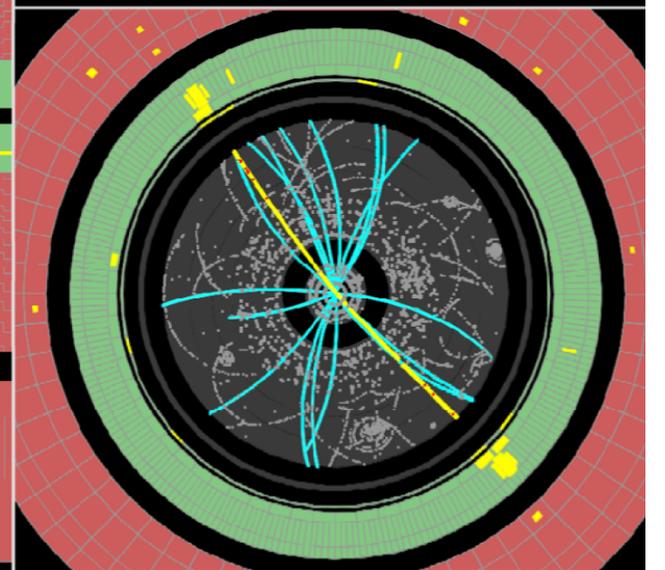
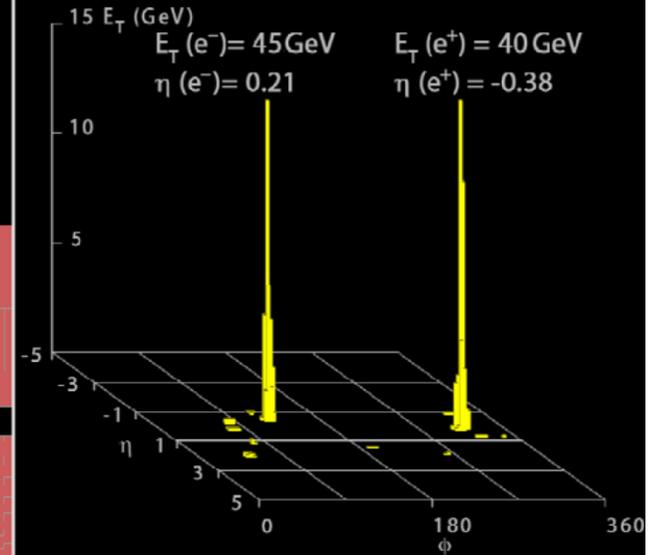


Run Number: 154817, Event Number: 968871

Date: 2010-05-09 09:41:40 CEST

$M_{ee} = 89 \text{ GeV}$

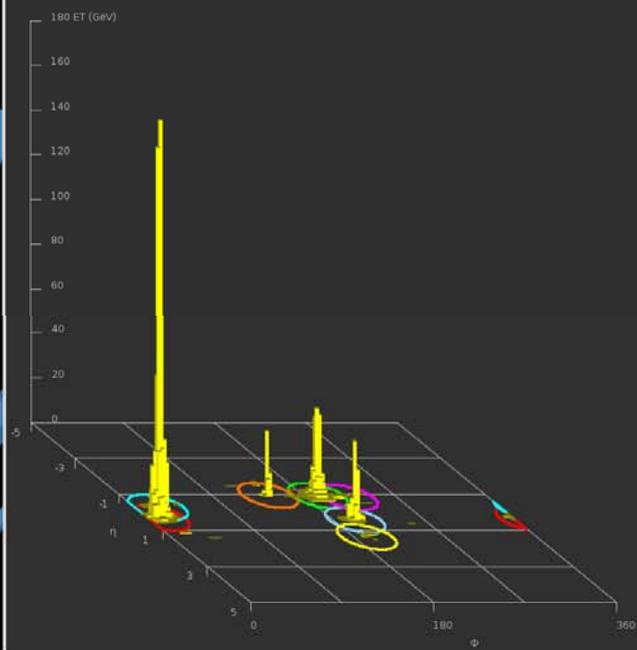
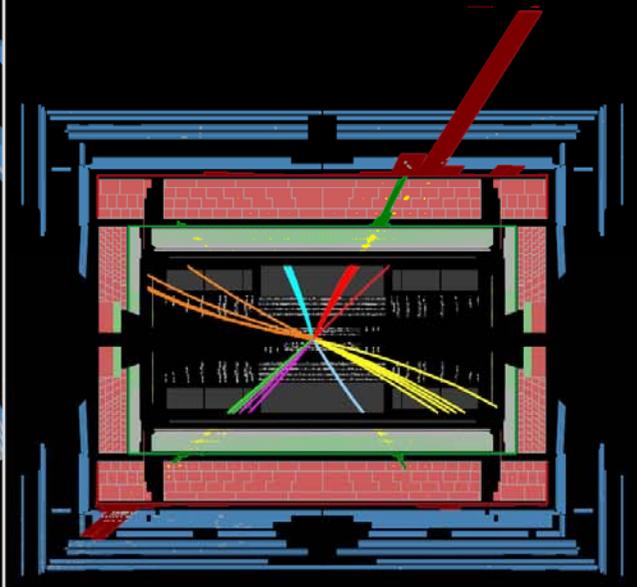
$Z \rightarrow ee$ candidate in 7 TeV collisions



Dijet candidate

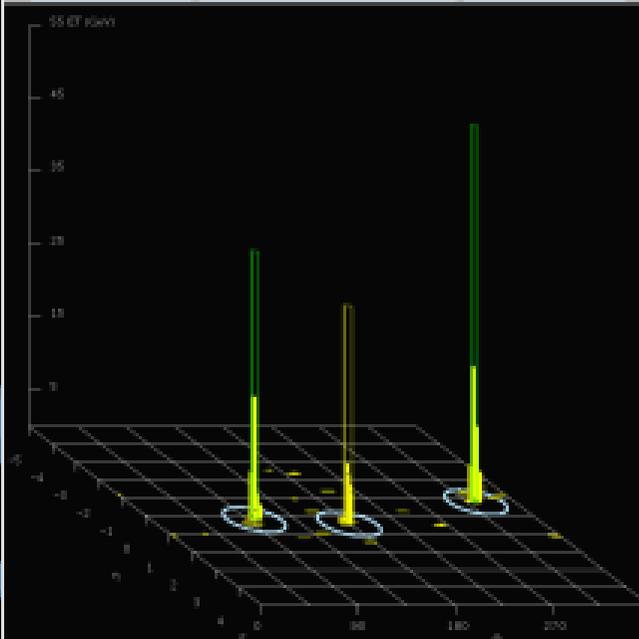
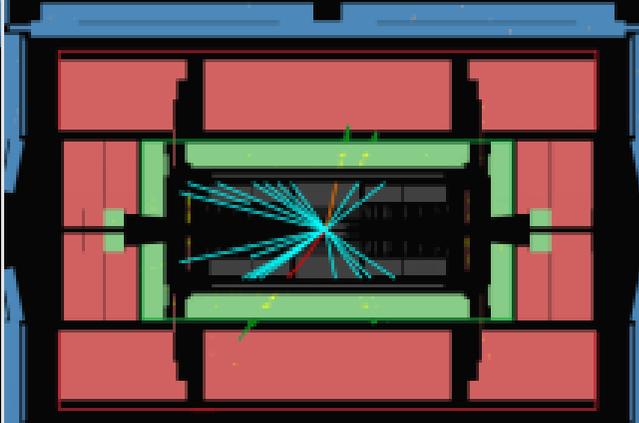
Run Number: 159224, Event Number: 3533152

Date: 2010-07-18 11:05:54 CEST



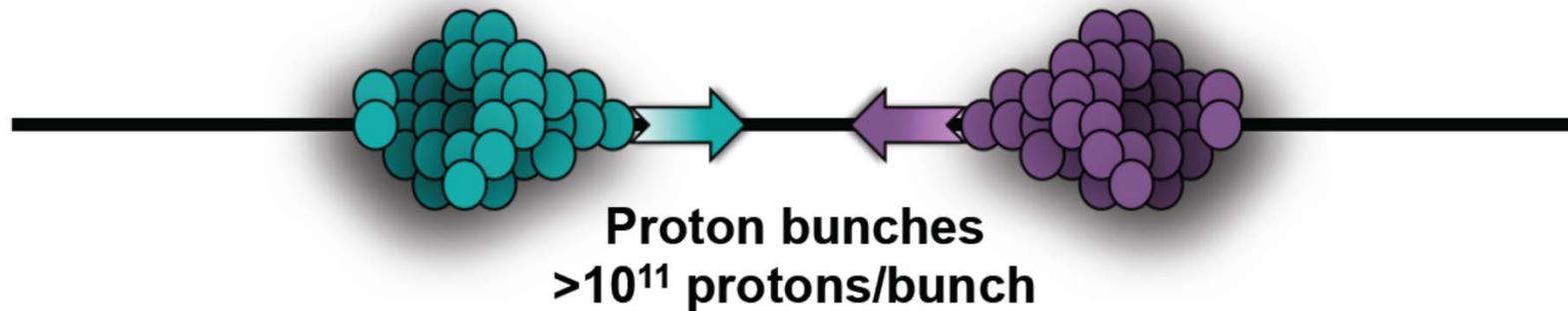
 **ATLAS**
EXPERIMENT

Z($\rightarrow ee$) + γ Candidate

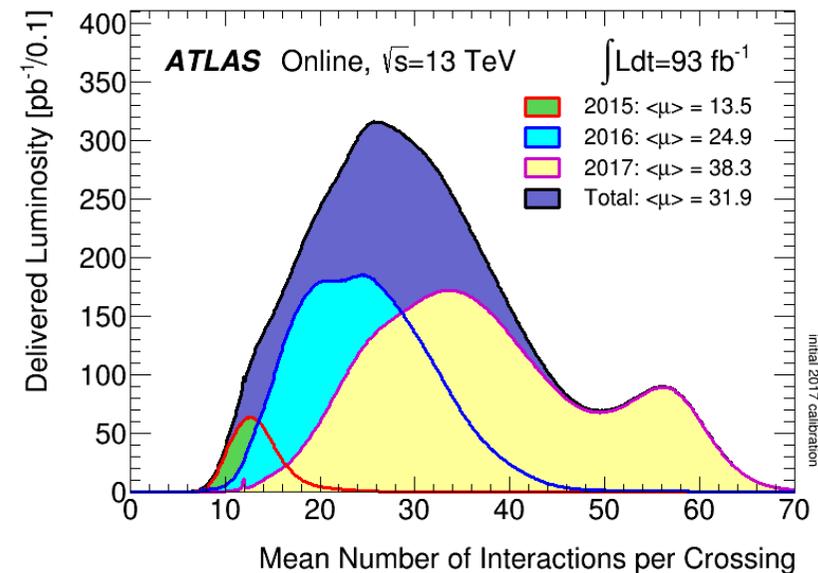


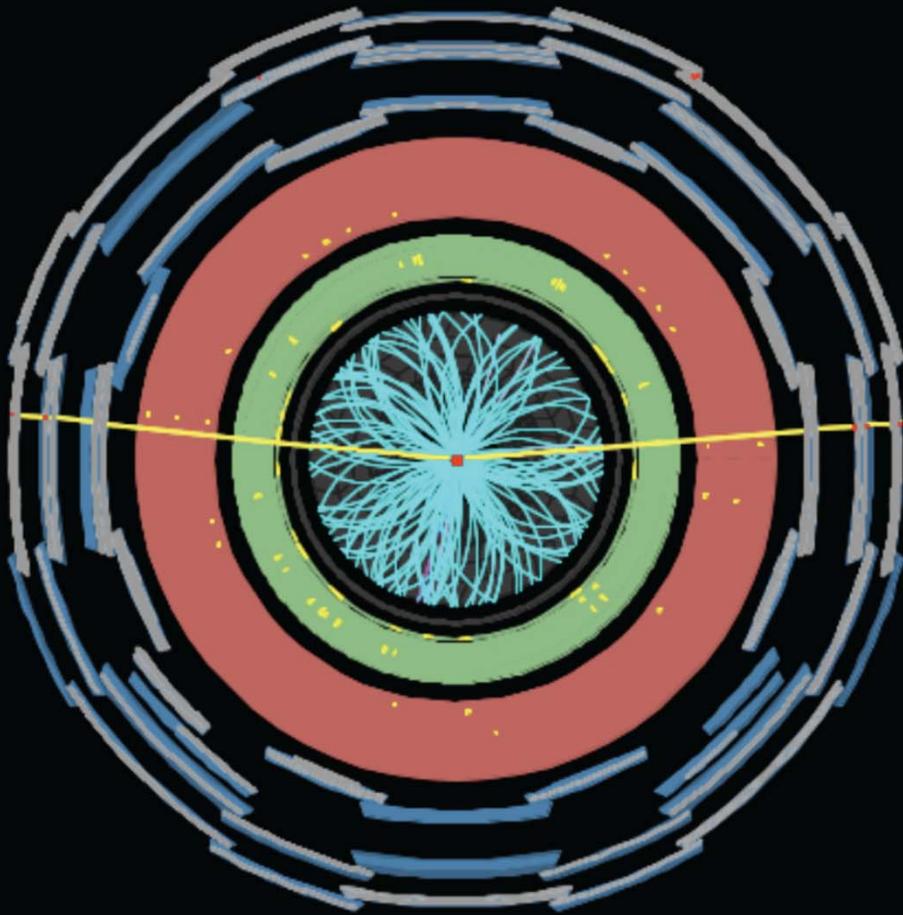
Run 167607 Event 28797604
Date 2010-10-25 05:01:44 CEST

L'empilement (pile-up)



- Jusqu'à ~ 60 collisions au moment où les paquets de protons se croisent.
- Généralement, au plus une seule collision « intéressante » se produit et les collisions supplémentaires sont qualifiées d'événements d'« empilement »
- Les particules produites par ces événements d'empilement ont une faible impulsion transverse mais compliquent la reconstruction et la calibration du détecteur.

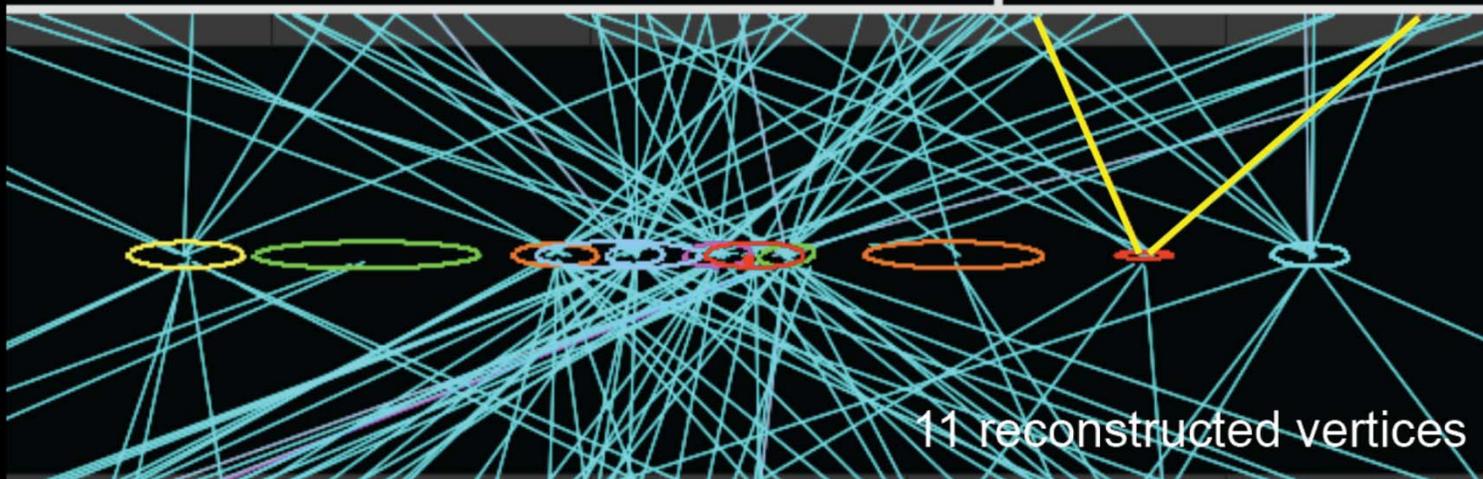
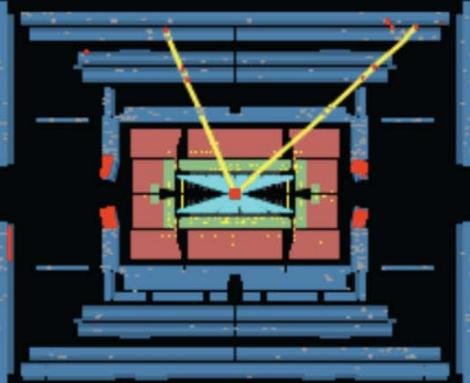




ATLAS EXPERIMENT

Run Number: 180164, Event Number: 146351094

Date: 2011-04-24 01:43:39 CEST



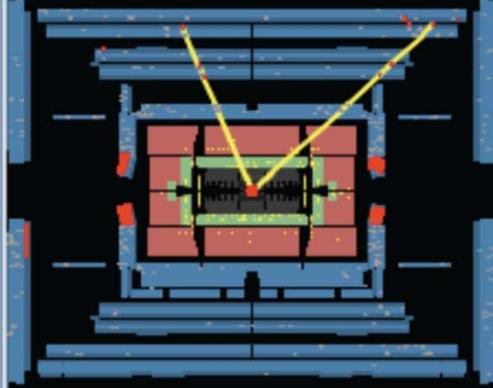
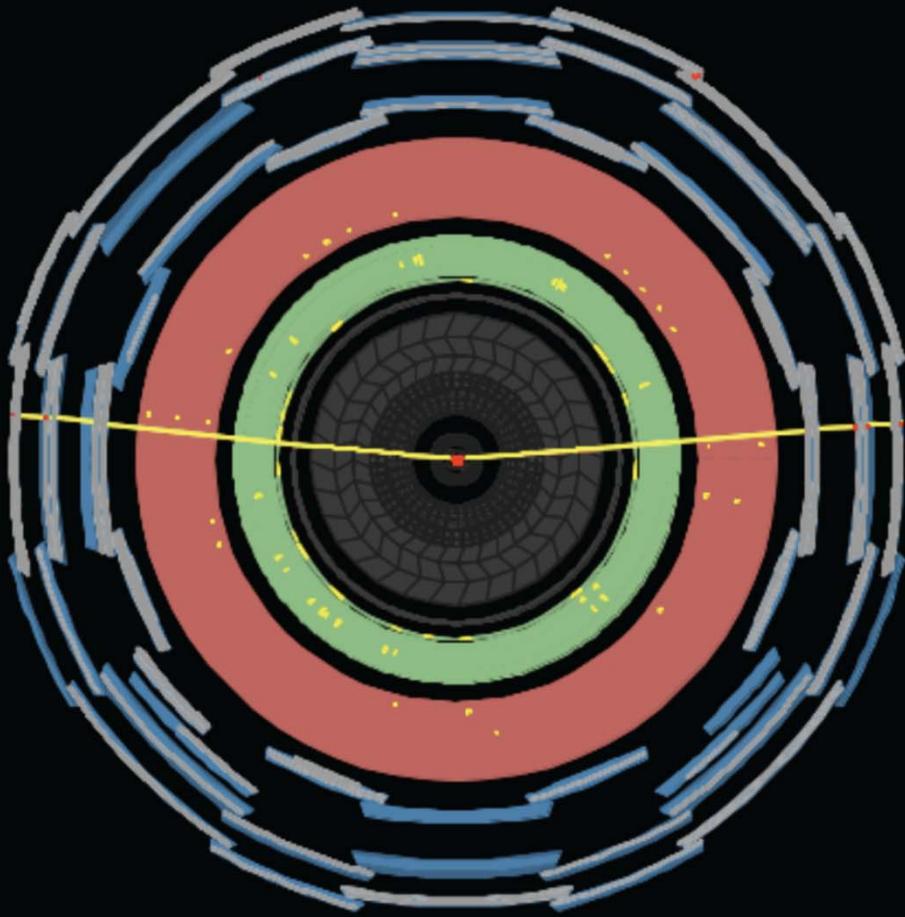
11 reconstructed vertices



ATLAS EXPERIMENT

Run Number: 180164, Event Number: 146351094

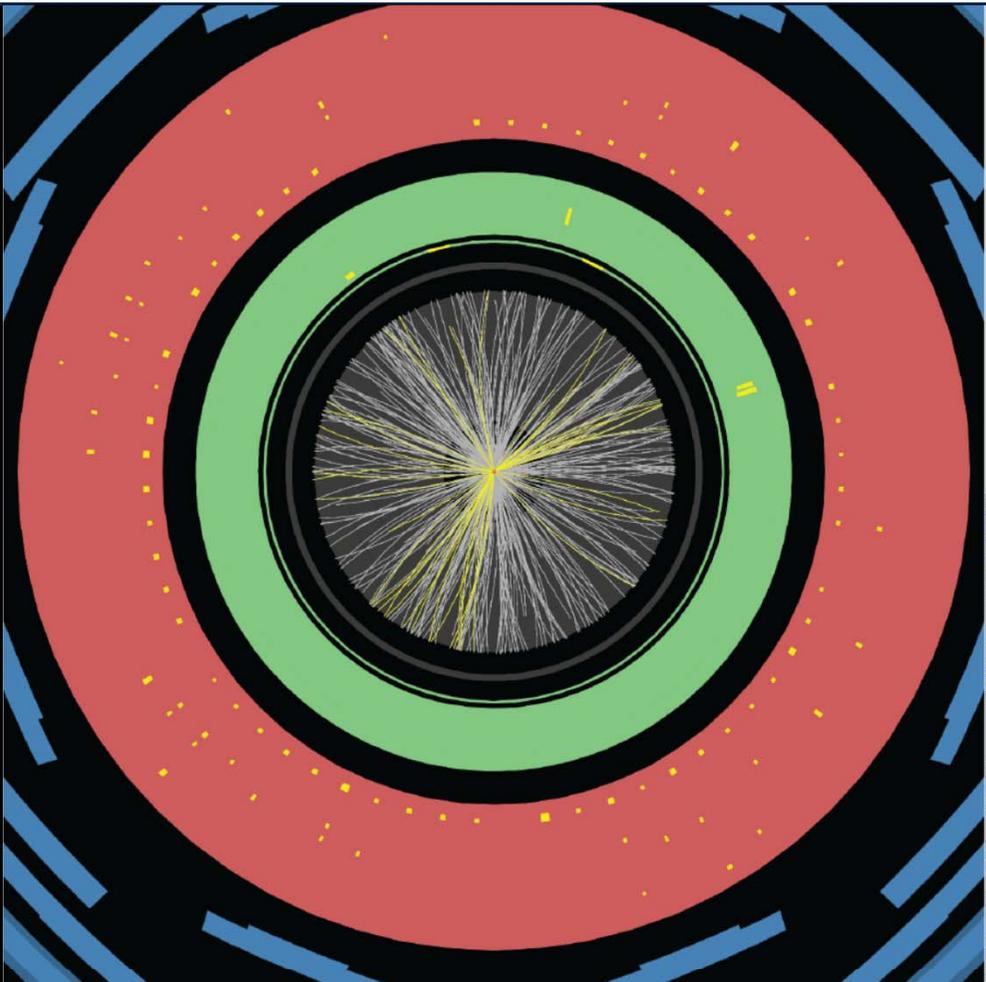
Date: 2011-04-24 01:43:39 CEST



$P_{\text{T}}^{\text{trace}} > 10\text{GeV}$



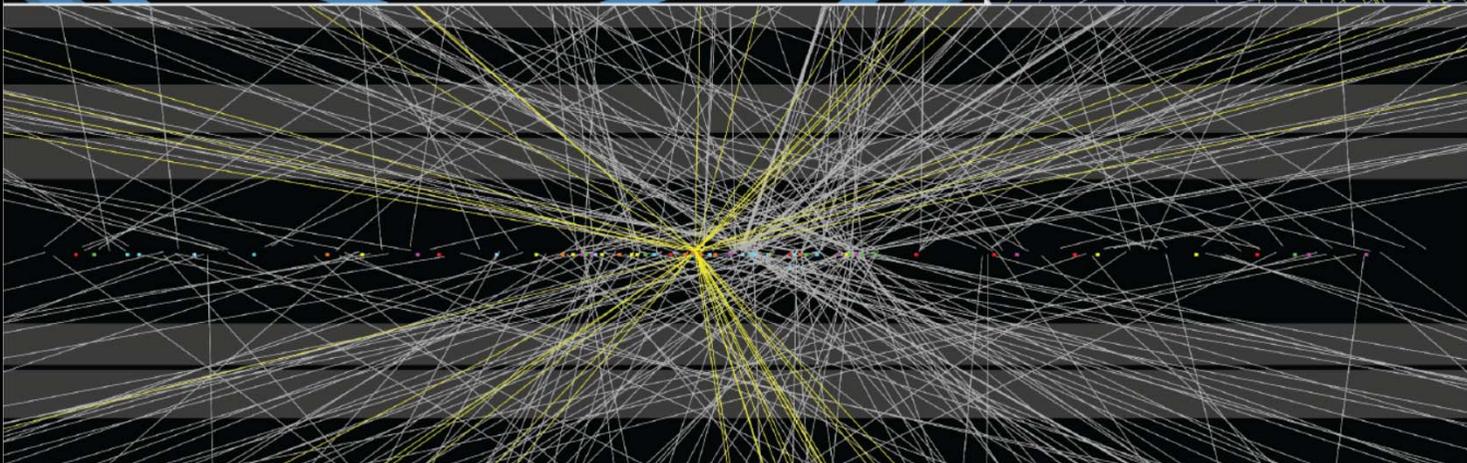
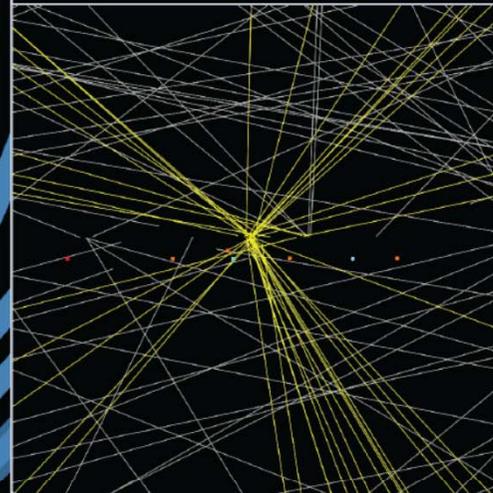
11 reconstructed vertices



ATLAS
EXPERIMENT

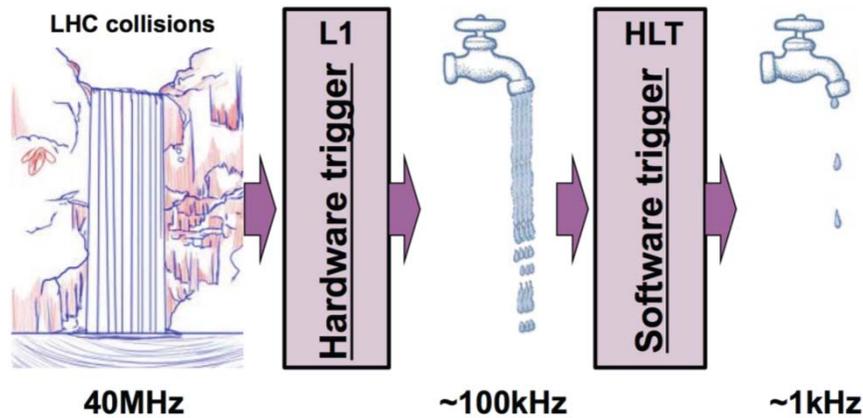
Run Number: 330160, Event Number: 391419735

Date: 2017-07-20 02:18:47 CEST

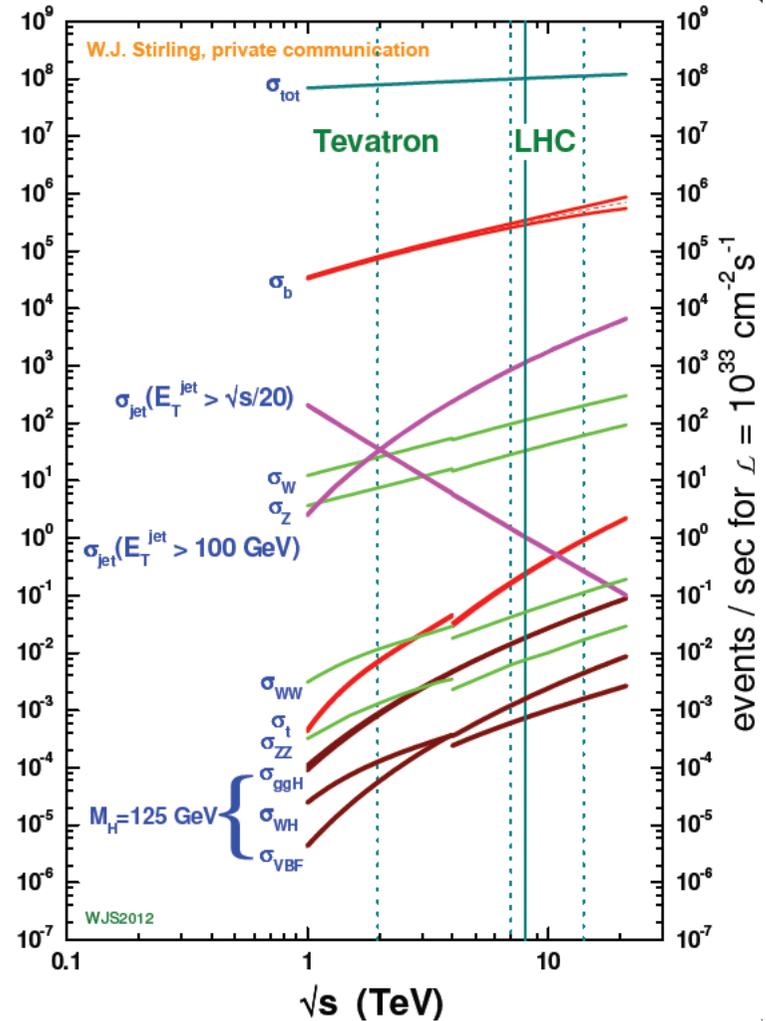


Systeme de déclenchement (trigger)

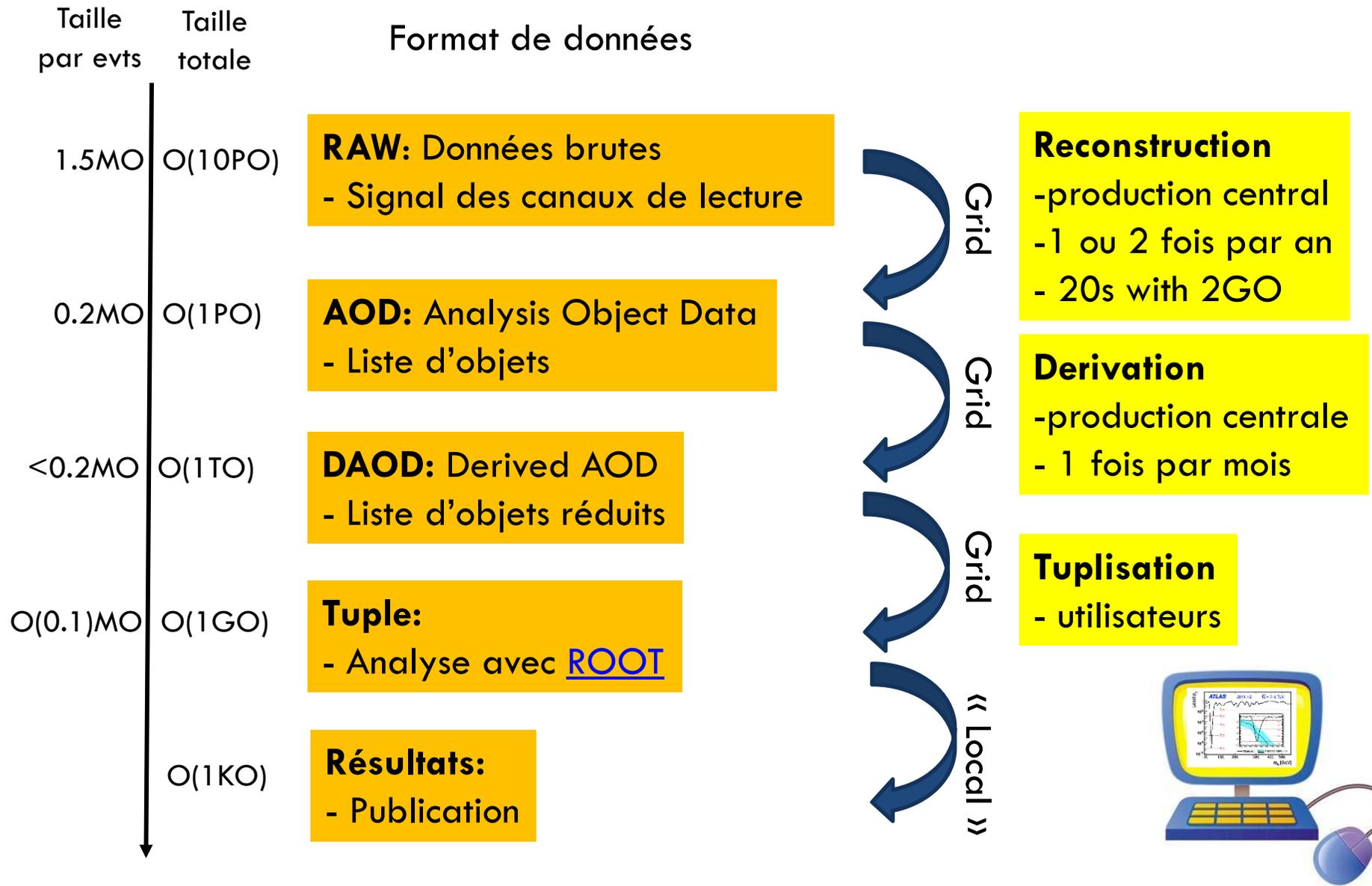
- Taux de croisement: 40MHz
 - 20 TO/s (4000 DVD)
 - Impossible de tout enregistrer
- Besoin de faire une sélection en ligne
 - ~1000 enregistrés/s (1GO/s)



- En 2016:
 - 8 milliard d'événements enregistrés
 - 12 PO (2.5 millions de DVD)



Le modèle d'analyse de données d'ATLAS

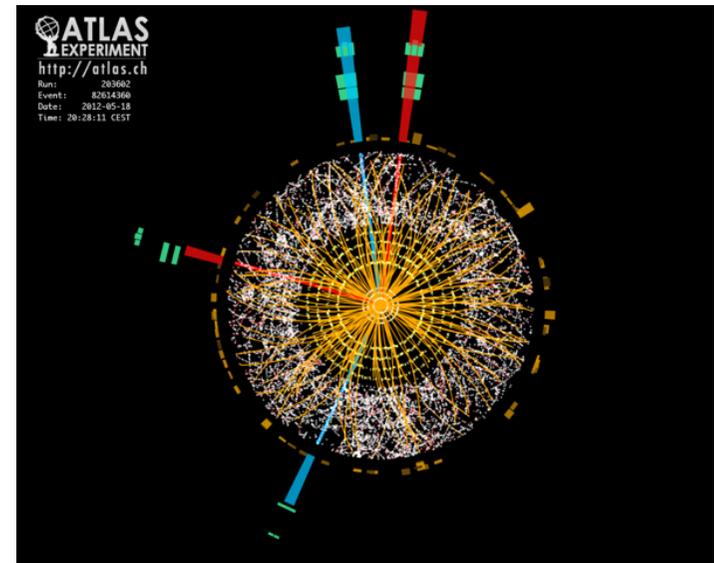


La reconstruction

- Le détecteur mesure **des charges électriques ou des courants** dans chacun des canaux du détecteur
 - ~100 millions de canaux
- **Première étape:** reconstruction des **trajectoires des particules chargées** et des **amas d'énergie dans les calorimètres**
 - Nécessité de base de données: géométrie, calibration,...
- **Deuxième étape:** reconstruction **des objets physique** (vertex, électron, jets, MET, ...) et de calculer leurs propriétés cinématiques
- Les données sont organisées en « **événements** » correspondant à un croisement de paquet de protons du LHC
 - Une « image » de la collision
- Chaque événement est indépendant des autres
→ parallélisation triviale

Athena: le programme de reconstruction d'ATLAS

- 4 millions de lignes de code (C++ et python)
- Développé depuis ~2000
- 2000 packages
- 1000 développeurs
- Open source
- 200 algorithmes



La grille

La grille de calcul du LHC

- En 1999 il paraît déjà évident que le CERN n'aura jamais à lui seul la **puissance informatique** nécessaire pour **analyser les vastes quantités de données du LHC**.
- Par ailleurs, la plupart des laboratoires et universités qui travaillaient ensemble sur le LHC avaient accès à des **installations informatiques nationales ou régionales**.
- Le "Worldwide LHC Computing Grid" (WLCG) est un vaste **réseau mondial de centres de calcul** créée en 2002 qui transmettent, stockent, traitent et analysent les données du LHC en continu.
 - 42 pays et 170 centres de calcul
 - Plus de 8000 utilisateurs provenant des 4 expériences
 - 2 million de jobs par jour
 - 750 000 coeurs et >1000 PO de stockage
- **Avantage par rapport à un système centralisé unique:**
 - Des **copies des données** sont conservées en sûreté sur **plusieurs sites** différents et disponibles pour tous les scientifiques, indépendamment de leur lieu de travail.
 - **La grille est souple** : si un site a un problème, la grille redistribue les tâches informatiques vers d'autres sites, sans interruption dans le traitement des données.
 - Les centres de calcul sont situés dans différents fuseaux horaires, de sorte que la surveillance et le **support sont disponibles 24/7**.



Tier0

Tier0 (CERN+Budapest)

100 Gbit/s (3 DVD/s) entre les 2 sites

Stockage des données brutes

Première passe de reconstruction

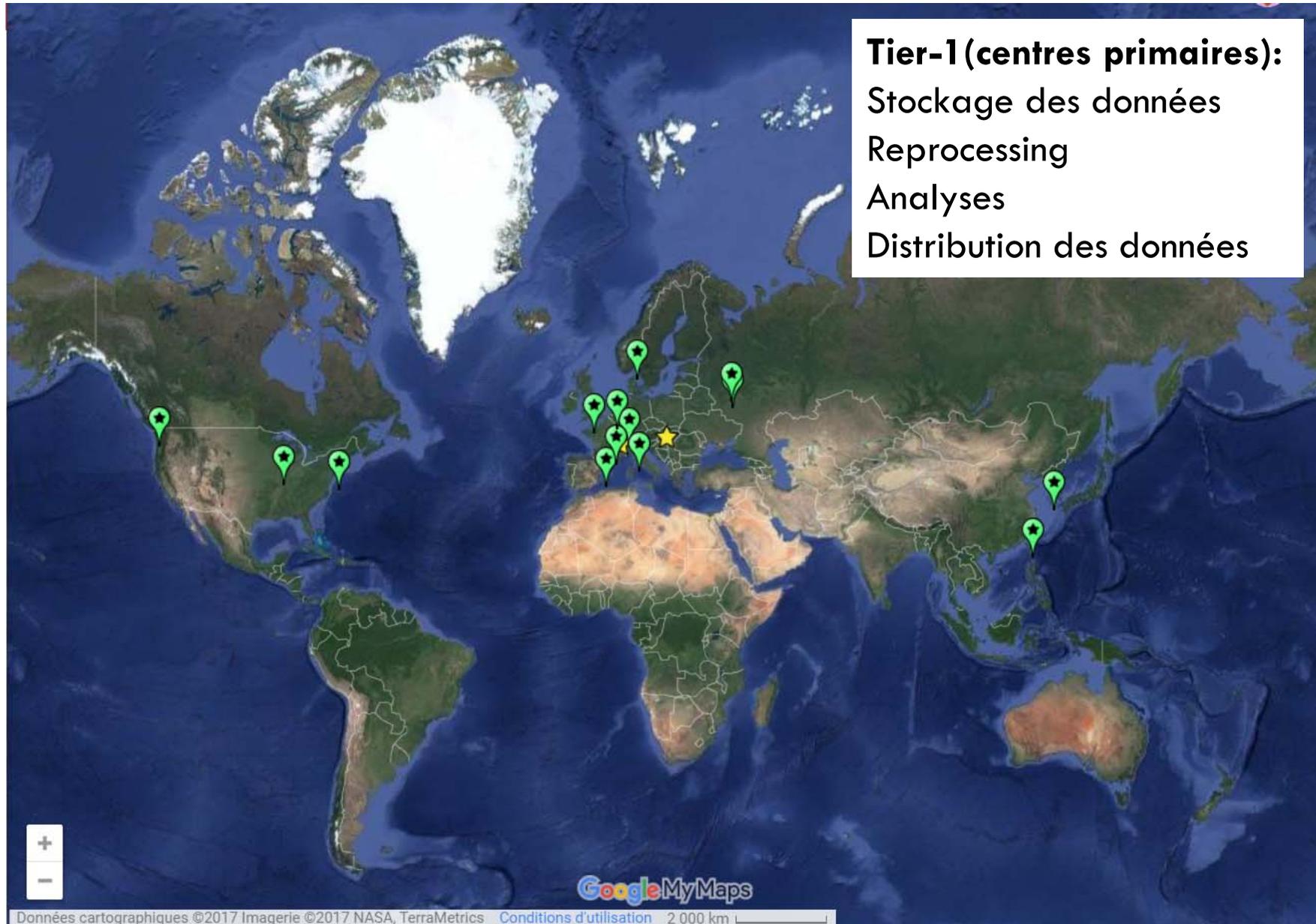
Distribution des données (10 Gbit/s)



Le Centre de données du CERN vu par un drone:
<https://www.youtube.com/watch?v=dMwP7nEuDGA>

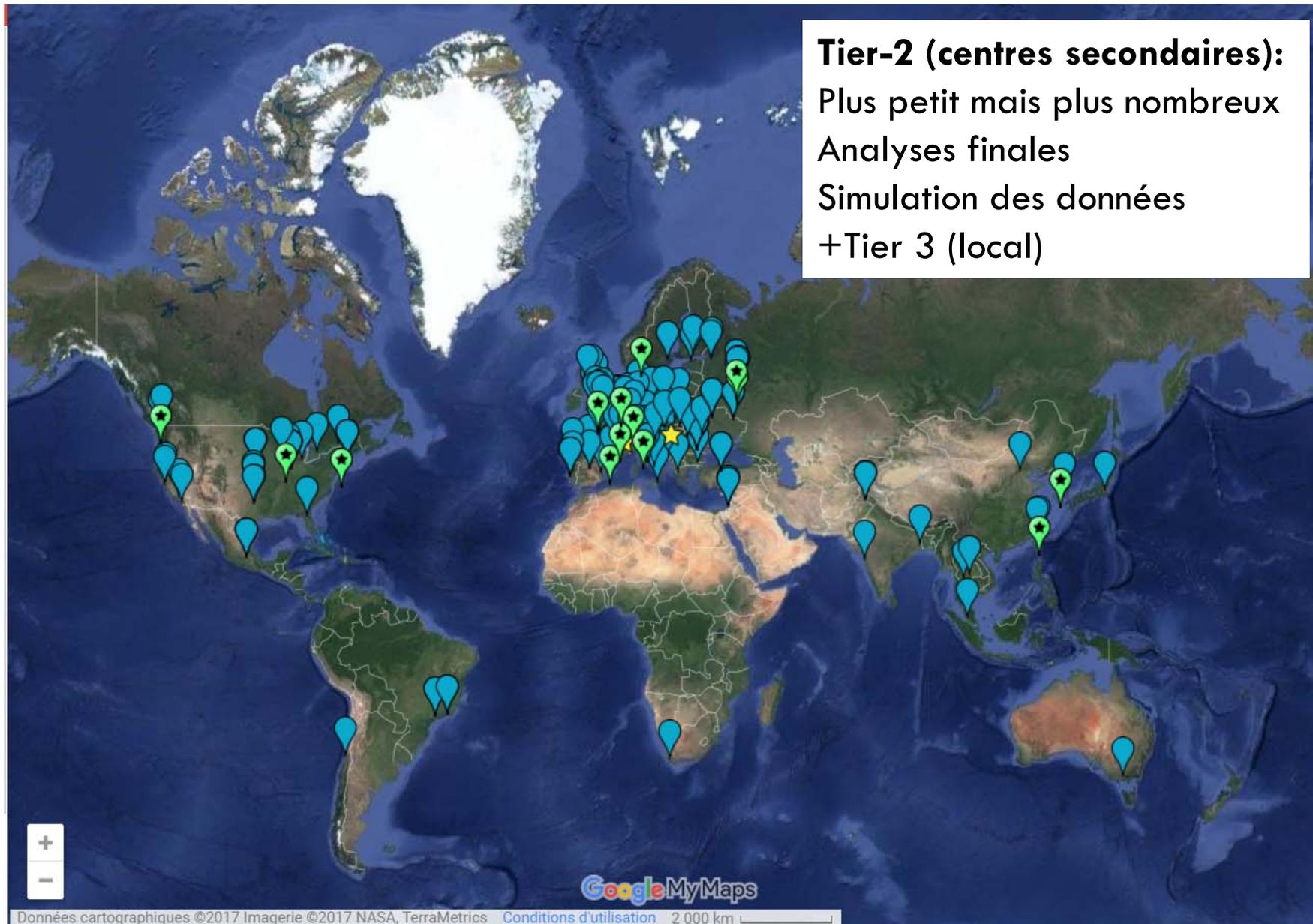
Données cartographiques ©2017 Imagerie ©2017 NASA, TerraMetrics Conditions d'utilisation 2 000 km

Tier1



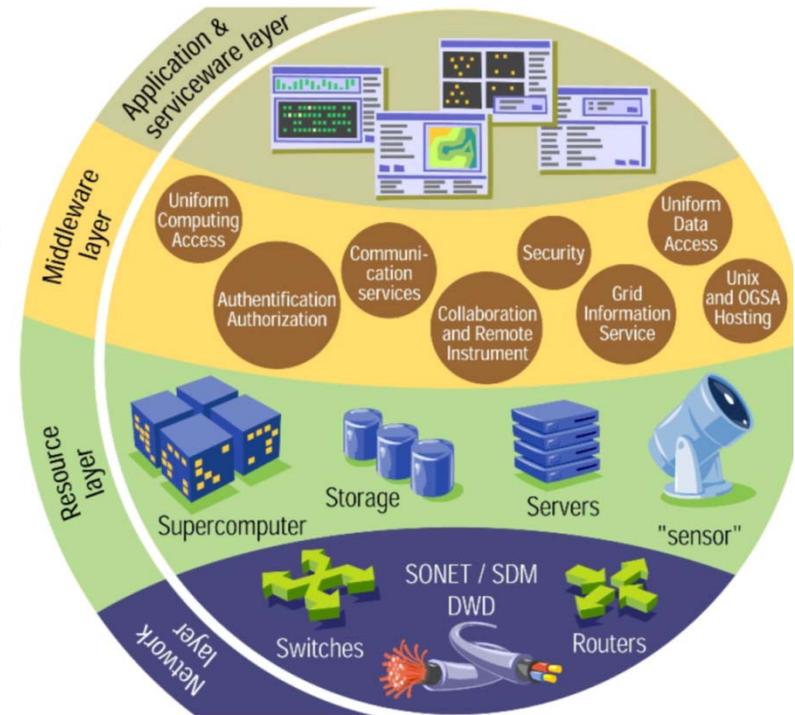
Tier-1 (centres primaires):
Stockage des données
Reprocessing
Analyses
Distribution des données

Tier2



La grille de calcul

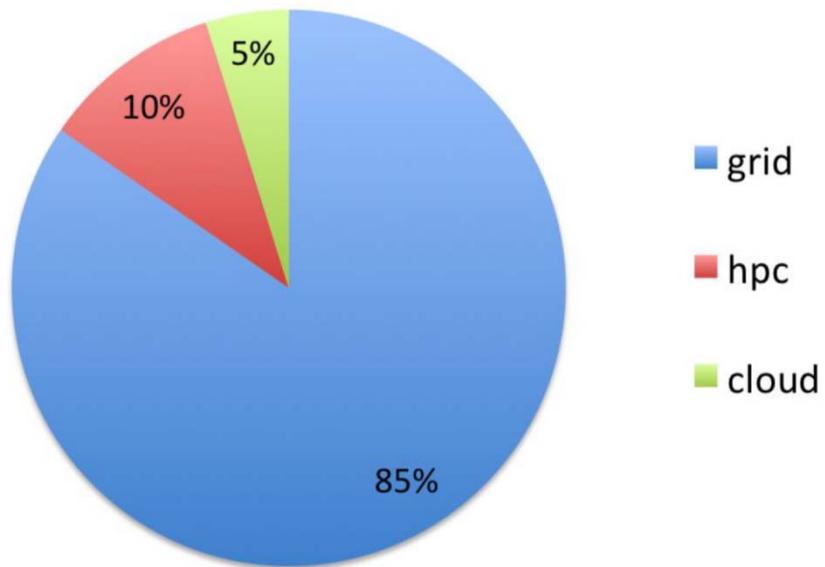
- **Couche application** : située au niveau le plus élevé qui comprend:
 - Types d'applications: scientifiques, techniques, gestion, financières, portails...
 - C'est la couche des utilisateurs de la grille.
- **Couche intergiciel** :
 - Ensemble de fonctions permettant aux ressources (serveurs, mémoires, réseaux, etc.) de participer à un contexte de grille unifié.
 - Ordonnancement (scheduling)
- **Couche ressources** :
 - Ordinateurs, systèmes de mémoire, catalogues de données électroniques, capteurs, télescopes
- **Couche réseau** :
 - Connectabilité des ressources sur la grille.
 - Niveau matériel



Une grille de calcul donne l'illusion d'un ordinateur virtuel très puissant.

Utilisation

Wall Clock time per Resource Type



Wall Clock time per Activity

